WWW.CHIPMAKER.RU 2006

П. М. ДЕНЕЖНЫЙ, Г. М. СТИСКИН, И. Е. ТХОР

ТОКАРНОЕ ДЕЛО

П. М. ДЕНЕЖНЫЙ, Г. М. СТИСКИН, И. Е. ТХОР

ТОКАРНОЕ ДЕЛО

Издание второе,
переработанное и дополненное

*Одобрено Ученым советом
Государственного комитета
Совета Министров СССР
по профессионально-техническому
образованию
в качестве учебника
для средних
профессионально-технических
училищ*

6П4.61
Д33

Отзывы и замечания просим направлять по адресу: *Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14. Издательство «Высшая школа».*

Денежный П. М., Стискин Г. М., Тхор И. Е.
Д 33 Токарное дело. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учебник для средних проф.-техн. училищ. М., «Высш. школа», 1976.

240 с. с ил.

В книге описаны конструкции, принцип действия токарных станков 16К20 и 1К62 и технология изготовления деталей на них, освещены вопросы организации рабочего места токаря, приведены сведения о построении технологического процесса токарной обработки, выборе режимов резания, инструментах и приспособлениях, о механизации и автоматизации токарной обработки.

31207—369
Д ——————87—75 **6П4.61**
052(01)—76

© Издательство «Высшая школа», 1976.

От авторов

Развитие машиностроения на базе высокопроизводительных металлорежущих станков требует высокого уровня подготовки кадров рабочих-станочников.

Настоящий учебник рассчитан на учащихся средних профессионально-технических училищ, дающих наряду с профессиональной подготовкой также среднее образование.

Структура учебника соответствует учебной программе спецтехнологии токарного дела для средних профтехучилищ, утвержденной Государственным комитетом Совета Министров СССР по профессионально-техническому образованию в 1972 г.

Второе издание учебника дополнено сведениями о токарно-винторезном станке 16К20, токарном станке с числовым программным управлением 16К20Ф3С4, единой системе технологической документации (ЕСТД), передовых методах выполнения токарных операций и высокопроизводительных конструкциях режущих инструментов. Обозначение шероховатости поверхностей дано по ГОСТ 2.309—73.

Авторы выражают благодарность токарям-новаторам лауреату Государственной премии СССР, заслуженному изобретателю УССР В. К. Семинскому и Герою Социалистического Труда М. Н. Лапшину, предоставившим материалы о своем производственном опыте, а также рецензенту, лауреату Государственной премии СССР, профессору Г. Б. Лурье за помощь по улучшению книги.

Введение

Без машин немыслима жизнь человека в современном обществе.

Уголь, руда, нефть добываются при помощи различных машин. Тепловозы, электровозы, теплоходы, самолеты, автомобили перевозят людей и грузы. Для изготовления различных машин применяют машины-орудия: молоты, прессы, металлорежущие станки.

В современном производстве сельскохозяйственных продуктов также используются различные машины. При помощи машин выпекают хлеб, изготовляют обувь, машины мы используем в быту.

Коммунистическая партия и Советское правительство уделяют большое внимание развитию машиностроения — основы технического прогресса страны. Советское машиностроение после Великой Октябрьской социалистической революции прошло большой и нелегкий путь развития. В 1930 г. вступил в строй первенец отечественного тракторостроения — Сталинградский тракторный завод, через три года сельское хозяйство стало получать машины Челябинского тракторного завода, в июле 1933 г. завершено строительство гиганта тяжелого машиностроения — Уральского машиностроительного завода (Уралмаша).

В годы Великой Отечественной войны машиностроительные предприятия нашей страны внесли огромный вклад в дело победы — оснащали Советскую Армию самолетами, танками, артиллерией, боеприпасами и другими средствами военной техники.

В «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» записано: «Обеспечить дальнейшее развитие машиностроения — основы технического перевооружения всех отраслей народного хозяйства. Увеличить за пятилетие выпуск продукции машиностроения и металлообработки в 1,5—1,6 раза».

В десятой пятилетке предусмотрено опережающее развитие выпуска станков с числовым программным управлением, развитие производства тяжелых и уникальных станков и прессов, высокоточных станков.

Современный машиностроительный завод — это сложный комплекс тесно связанных между собой различных цехов, отделов, служб. Заготовительные цехи производят заготовки, из которых в других цехах изготовляют детали для машин. Некоторые заготовки получают в литейных цехах заливкой жидкого металла в специальные формы; другие — штамповкой из нагретого металла на молотах или прессах или штамповкой в холодном состоянии из листового металла.

Чтобы получить деталь нужной формы с требуемыми размерами и качеством поверхности, в механических цехах заготовку подвергают на металлорежущих станках обработке резанием, удаляя лишние слои металла.

Специальность токаря — одна из широко распространенных специальностей металлообработки, так как токарные станки — это самая крупная группа станков в механических цехах. Кадры рабочих для машиностроения, так же как и для других отраслей народного хозяйства, готовит система профессионально-технического образования. Учащиеся училищ профтехобразования получают необходимую теоретическую подготовку, приобретают практические навыки работы на современном оборудовании.

Это определенный минимум знаний и навыков, который нужен токарю для выполнения сравнительно несложных работ. А потом перед ним открывается широкая дорога творческого труда, дальнейшей учебы, совершенствования мастерства.

Счастливого трудового пути тебе, молодой друг!

Основы токарного дела

Часть первая

Глава I
Основные сведения о токарной обработке

§ 1. Назначение и сущность токарной обработки

Среди различных способов изготовления деталей для машин, механизмов, приборов и других изделий широко применяют обработку резанием: точение, сверление, фрезерование, шлифование и др.

Обработка резанием заключается в образовании новых поверхностей путем деформирования и последующего отделения поверхностных слоев материала с образованием стружки*.

* Определение по ГОСТ 3.1109—73.

Валы, шкивы, зубчатые колеса и многие другие детали, называемые телами вращения (рис. 1, *а—в*), изготовляют на токарных станках.

Инструментами для обработки заготовок служат резцы, сверла, зенкеры, развертки, метчики и др.

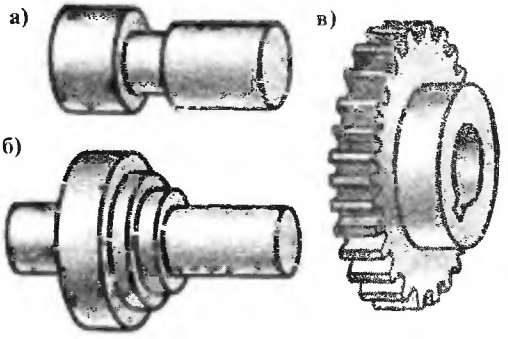
Токарной обработкой (точением) можно получить детали с цилиндрическими, коническими, фасонными и плоскими поверхностями, а также нарезать резьбу, делать фаски и галтели (рис. 2).

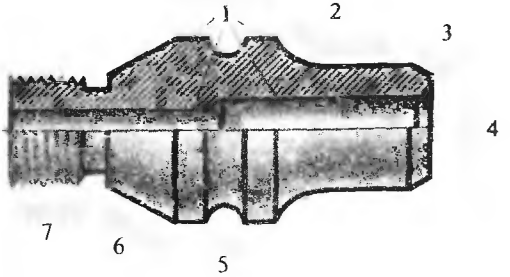
1 ТИПОВЫЕ ДЕТАЛИ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ОБРАБОТКОЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ:

а — ступенчатый вал, б — шкив, в — зубчатое колесо (шестерня)

2 ВИДЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКОЙ:

1 — цилиндрическая, 2 — галтель, 3 — фаска, 4 — плоская (торцовая), 5 — фасонная, 6 — коническая, 7 — резьбовая





§ 2. Основные части и узлы токарного станка

Токарный станок, оснащенный специальным устройством для нарезания резьбы, называется токарно-винторезным.

На рис. 3 изображен общий вид токарно-винторезного станка 1К62.

Станина *4* — массивное чугунное основание, на котором смонтированы основные механизмы станка. Верхняя часть станины имеет две плоские и две призматические направляющие, по которым перемещаются суппорт и задняя бабка. Станина установлена на двух тумбах.

Передняя бабка *1* — чугунная коробка, внутри которой расположены главный рабочий орган станка — шпиндель и коробка скоростей. Шпиндель представляет собой полый вал. На правом конце шпинделя крепятся приспособления, зажимающие заготовку.

Шпиндель получает вращение от расположенного в левой тумбе электродвигателя через клиноременную передачу и систему зубчатых колес и муфт, размещенных внутри передней бабки. Этот механизм называется коробкой скоростей и позволяет изменять частоту вращения (число оборотов в минуту) шпинделя.

Суппорт *6* — устройство для закрепления резца и обеспечения движения подачи, т. е. перемещения резца в различных направлениях. Движение подачи может осуществляться вручную или механически. Механическое движение подачи суппорт получает от ходового вала или ходового винта (при нарезании резьбы).

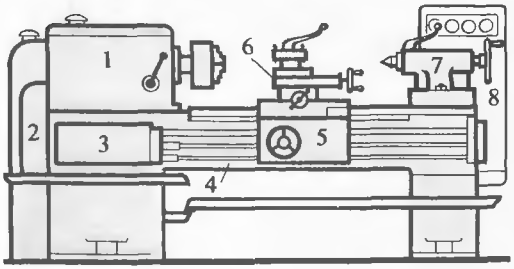
Суппорт состоит из каретки, которая перемещается по направляющим станины, фартука, в котором расположен механизм преобразования вращательного движения ходового вала и ходового винта в прямолинейное движение суппорта, механизма поперечных салазок, механизма резцовых (верхних) салазок, механизма резцедержателя.

Коробка подач *3* представляет собой механизм, передающий вращение от шпинделя к ходовому валу или ходовому винту. Она позволяет изменять скорость движения подачи суппорта (величину подачи). Вращательное движение в коробке подач передается от шпинделя через реверсивный механизм и гитару со сменными зубчатыми колесами.

Гитара *2* предназначена для настройки станка на требуемую величину подачи или шаг нарезаемой резьбы путем установки соответствующих сменных зубчатых колес.

3 ОБЩИЙ ВИД ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 1К62:

1 — передняя бабка с коробкой скоростей, 2 — гитара сменных колес, 3 — коробка подач, 4 — станина, 5 — фартук, 6 — суппорт, 7 — задняя бабка, 8 — шкаф с электрооборудованием



Задняя бабка *7* предназначается для поддержания конца длинных заготовок в процессе обработки, а также для закрепления и подачи стержневых инструментов (сверл, зенкеров, разверток).

Электрооборудование станка размещено в шкафу *8*. Включение и выключение электродвигателя, пуск и остановка станка, управление коробкой скоростей и коробкой подач, управление механизмом фартука и т. д. производится соответствующими органами управления (рукоятками, кнопками, маховичками).

Для закрепления заготовок на токарном станке применяют: патроны, планшайбы, цанги, центры, хомутики, люнеты, оправки.

Для контроля точности обработки деталей токарь использует штангенциркули, микрометры, калибры, шаблоны, угломеры и другие измерительные инструменты.

§ 3. Понятие о процессе образования стружки

Детали машин изготовляют из заготовок. Слой металла, который срезают с заготовки во время обработки, называют припуском. Заготовка — предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности и свойств материала изготовляют деталь.

Процесс резания сопровождается сложными физическими явлениями (пластическими и упру-

гими деформациями заготовки, тепловыделением, образованием нароста на режущей части инструмента), которые оказывают большое влияние на работу режущего инструмента, производительность труда и качество обработки.

Для осуществления процесса резания на токарном станке необходимы два движения: главное движение *I* и движение подачи *II* (рис. 4, *а*, *б*).

Главным движением является вращательное движение заготовки; на него расходуется большая часть мощности станка. Если подвести к вращающейся заготовке резец, то он проточит кольцевую канавку, а чтобы обработать заготовку по всей цилиндрической поверхности, необходимо перемещение резца вдоль ее оси.

Движение подачи — это поступательное движение резца, обеспечивающее непрерывное врезание его в новые слои металла.

На обрабатываемой заготовке различают следующие поверхности: обрабатываемая — поверхность, с которой должен быть срезан слой металла;

обработанная — поверхность, полученная на заготовке после срезания слоя металла (стружки);

поверхность резания — образуемая на обрабатываемой заготовке непосредственно режущей кромкой (см. рис. 4).

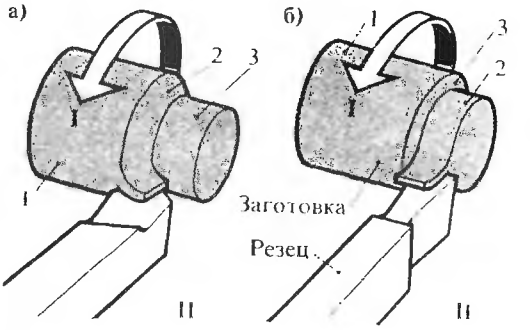
Поверхность резания может быть конической, цилиндрической, плоской (торцовой) и фасонной, в зависимости от формы режущей кромки резца и расположения ее относительно детали (см. рис. 2).

В машиностроении применяют различные режущие инструменты, но принцип их работы в основном сходен. Наиболее простой режущий инструмент — резец. Его режущая часть представляет собой тело клиновидной формы, которое под действием силы *P*, передаваемой рабочим механизмом станка, врезается в поверхностный слой заготовки, сжимая его (рис. 5). В этом сжатом слое возникают внутренние напряжения. Когда при дальнейшем углублении резца внутренние напряжения превысят силы сцепления между молекулами металла, сжатый элемент *2* скалывается и сдвигается вверх по рабочей поверхности резца. Последующее движение резца сжимает, скалывает и сдвигает очередные элементы металла, образуя стружку*.

* Теоретическое обоснование работы резца изучается в теме учебной программы «Основные сведения о механизмах и машинах».

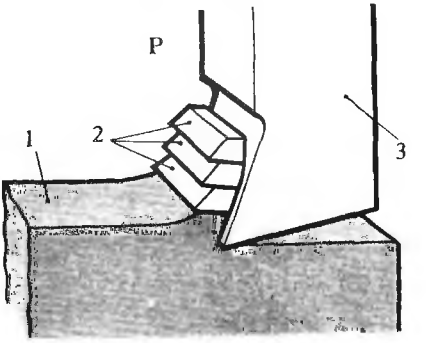
4 ДВИЖЕНИЯ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ СТАНКОМ, И ПОВЕРХНОСТИ НА ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ЗАГОТОВКЕ:

а — при наружном точении, б — при подрезании и отрезании: 1 — обрабатываемая поверхность, 2 — поверхность резания, 3 — обработанная поверхность, I — главное движение, II — движение подачи



5 ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ СТРУЖКИ.

1 — заготовка, 2 — элементы стружки, 3 — резец

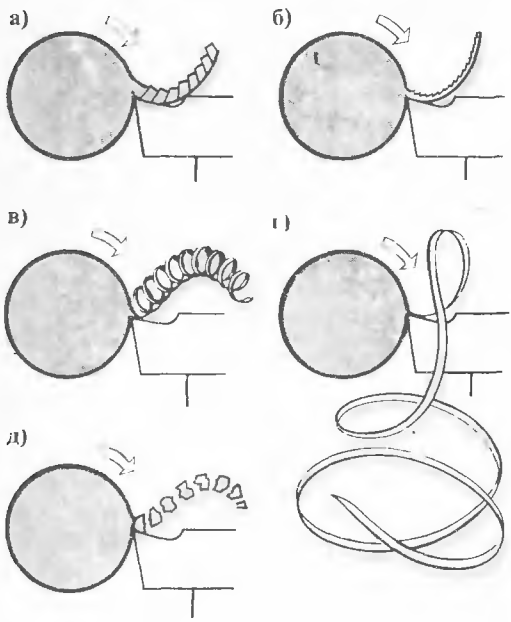


В зависимости от условий обработки и обрабатываемого материала образуется стружка различной формы.

Элементная стружка (стружка скалывания) образуется при обработке твердых и маловязких материалов с низкой скоростью резания (например, при обработке твердых сталей). Отдельные элементы такой стружки слабо связаны между собой или совсем не связаны (рис. 6, *а*).

6 ВИДЫ СТРУЖКИ:

а — элементная, б — ступенчатая, в — сливная спиральная, г — сливная ленточная, д — надлома



Ступенчатая стружка образуется при обработке стали средней твердости, алюминия и его сплавов со средней скоростью резания. Она представляет собой ленту, гладкую со стороны резца и зазубренную с внешней стороны (рис. 6, *б*).

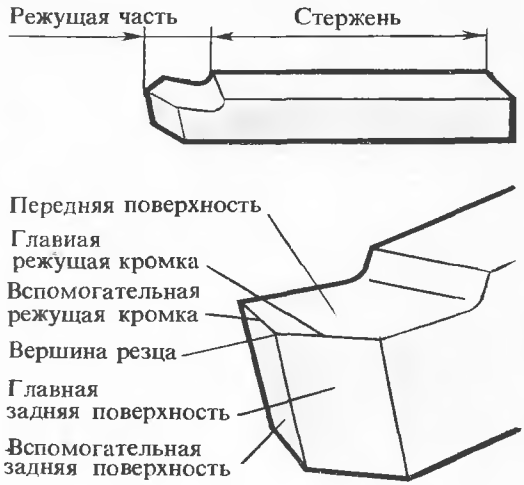
Сливная стружка получается при обработке мягкой стали, меди, свинца, олова, некоторых пластмасс при высокой скорости резания. Эта стружка имеет вид спирали (рис. 6, *в*) или длинной (часто путанной) ленты (рис. 6, *г*).

Стружка надлома образуется при резании малопластичных материалов (чугуна, бронзы) и состоит из отдельных кусочков (рис. 6, *д*)

§ 4. Части, элементы и углы резца

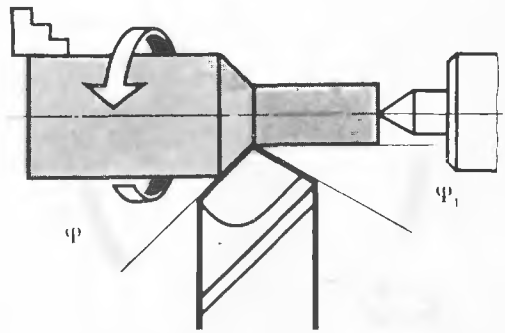
Резец (рис. 7) состоит из тела (державки) и головки (режущей части). Державка служит для закрепления резца в резцедержателе станка.

7 ЧАСТИ И ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЦА



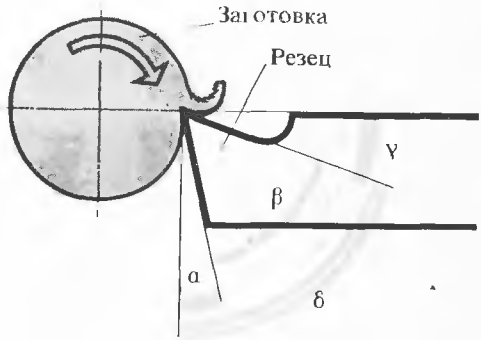
8 УГЛЫ РЕЗЦА В ПЛАНЕ:

φ — главный, φ₁ — вспомогательный



9 ОСНОВНЫЕ УГЛЫ РЕЗЦА:

α — главный задний, β — заострения, γ — передний, δ — угол резания



На головке резца различают следующие элементы:

переднюю поверхность, по которой сходит стружка;

задние поверхности (главную и вспомогательную, обращенные к обрабатываемой заготовке);

режущие кромки: главную, образованную пересечением передней и главной задней поверхностей, и вспомогательную, образованную пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей;

вершину резца — место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок. Вершина резца может быть острой, закругленной или срезанной.

Чтобы обеспечить необходимую режущую способность инструмента, получить требуемую точность и качество поверхности детали при высокой производительности труда, необходимо правильно выбрать геометрию резца, т. е. величины углов головки резца. Различают углы в плане и основные углы резца (углы рабочего клина).

Углами в плане называются углы между режущими кромками резца и направлением подачи: φ(фи) — главный угол в плане, φ_1 — вспомогательный угол в плане (рис. 8).

Основные углы резца (рис. 9): передний угол γ (гамма), главный задний угол α (альфа), угол заострения β (бэта), угол резания δ (дэльта). Угол наклона режущей кромки λ (ламбда) — угол между режущей кромкой и опорной плоскостью резца.

Числовые значения углов резца принимаются по таблицам «Справочника токаря» в зависимости от условий обработки*. Подробные сведения о геометрии резца приведены в гл. XVIII.

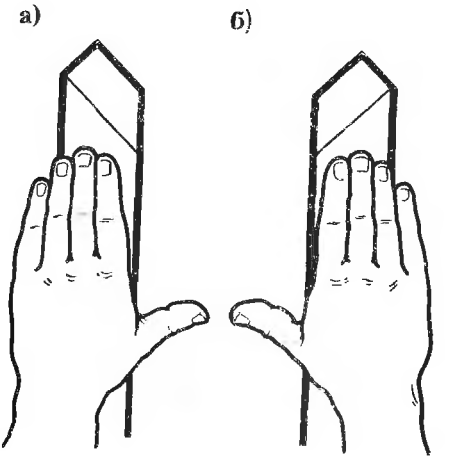
§ 5. Классификация токарных резцов

Для токарной обработки применяют разнообразные резцы. В зависимости от направления движения подачи различают левые и правые резцы (рис. 10, *а*, *б*). По форме и расположению головки относительно стержня резцы могут быть прямые, отогнутые и оттянутые (рис. 11, *а*—*в*). По назначению различают про-

* Б. Г. Зайцев, П. И. Завгороднев, А. С. Шевченко. Справочник молодого токаря. М., «Высшая школа», 1973.

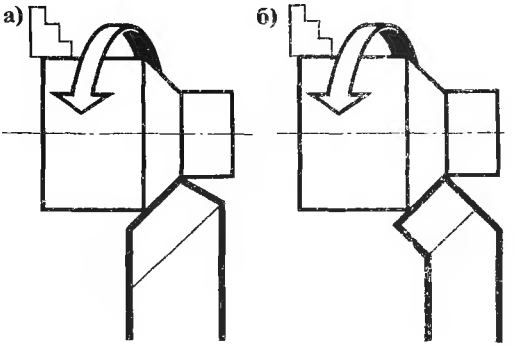
10 ВИДЫ РЕЗЦОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОДАЧИ:

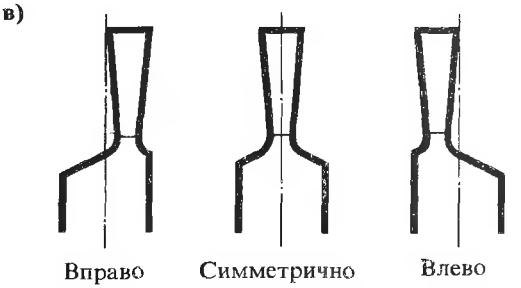
а — левый, б — правый



11 ФОРМЫ ГОЛОВОК РЕЗЦОВ:

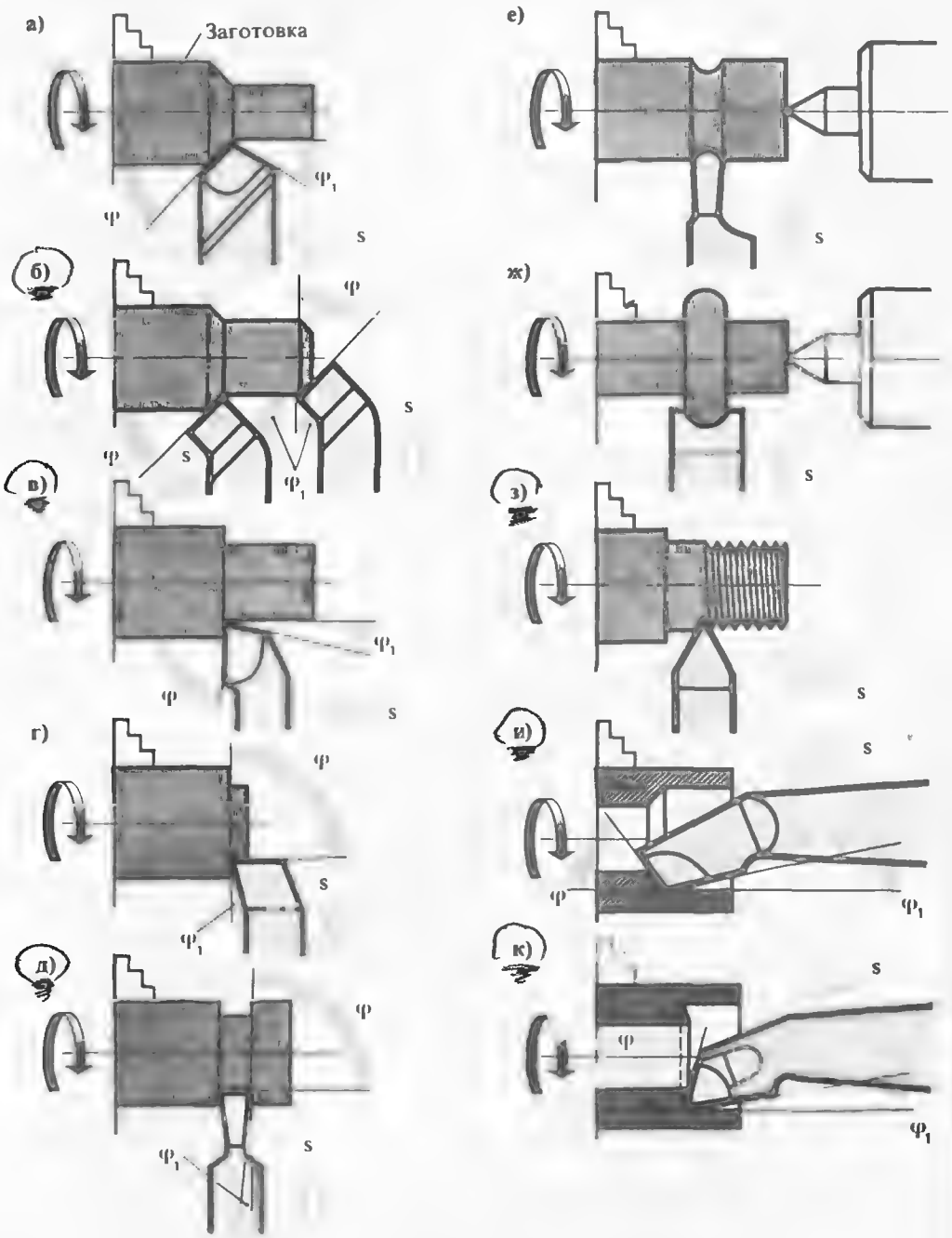
а — прямая, б — отогнутая, в — оттянутая





12 КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЗЦОВ ПО НАЗНАЧЕНИЮ:

а – проходной прямой, б – проходной отогнутый, в — проходной упорный, г – подрезной, д — отрезной, е — прорезной, ж — фасонный, з — резьбовой, и – расточной проходной, к – расточной упорный



ходные, упорные, подрезные (торцовые), прорезные, отрезные, фасонные, резьбовые и расточные резцы (рис. 12, *а –к*). Резцы подразделяются также на черновые, служащие для предварительной обработки, и чистовые, предназначенные для окончательной (чистовой) обработки.

Резцы могут быть цельные, выполненные из одного материала, и составные: державка из конструкционной стали, а режущая часть резца из специального инструментального материала. Составные резцы бывают сварные, с напаянной режущей пластинкой и с механическим креплением режущей пластинки (рис. 13, *а—г*).

§ 6. Материалы резцов

Рабочая часть режущего инструмента, в том числе резца, должна обладать высокой твердостью, красностойкостью (способностью не терять твердости при высокой температуре), высокой износостойкостью (сопротивлением истиранию), а также высокой вязкостью (сопротивлением ударной нагрузке). Материалы, из которых изготовляются рабочие части режущих инструментов, должны отвечать указанным требованиям.

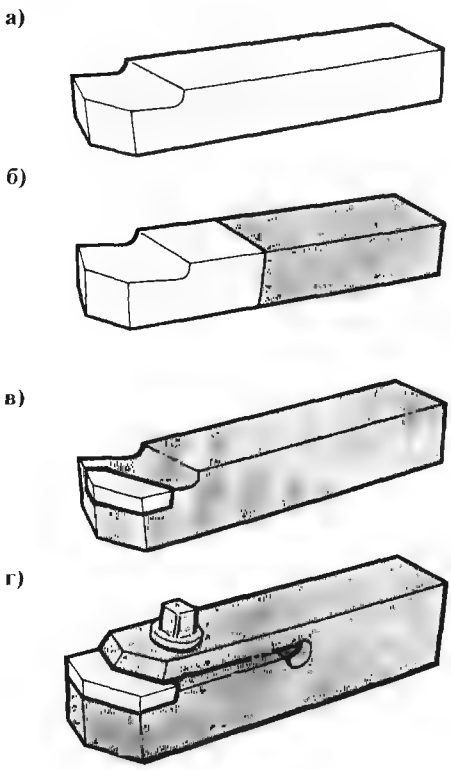
Инструментальные материалы делят на следующие три группы.

Первая группа — материалы для инструментов, работающих на низких скоростях резания. К ним относятся высококачественные углеродистые инструментальные стали (У10А, У11А, У12А) твердостью HRC 60 -64 после закалки. Инструмент из этих сталей сохраняет режущие свойства при температуре нагрева только до 200—250°С, поэтому применяется редко. В эту группу входят также легированные инструментальные стали: хромокремнистая 9ХС, хромовольфрамовая ХВ5, хромомарганцовистая ХВГ и др., имеющие красностойкость 250 -300°С.

Вторая группа — материалы для инструментов, работающих на повышенных скоростях резания, быстрорежущие стали Р9, Р12, Р6М5, Р9К5Ф2 и др. После термической обработки эти стали приобретают высокую твердость (HRC 62 65), высокую износостойкость и красностойкость до 650°С.

13 КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЗЦОВ ПО СПОСОБУ КРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ:

а — цельный, б — сварной, в — с напаянной пластинкой, г — с механическим креплением пластинки



Третья группа - материалы для инструментов, работающих на высоких скоростях резания, — металлокерамические твердые сплавы, выпускаемые в виде пластинок различных размеров и форм. Красностойкость твердого сплава достигает 1000°С.

Для обработки чугуна, а также цветных металлов и сплавов применяют твердые сплавы вольфрамокобальтовой группы (ВК): ВК8 - для обдирочной обработки, ВК6 - для получистовой и чистовой обработки. Для обработки сталей применяют твердые сплавы титановольфрамокобальтовой группы (ТК): Т5К10 — для черновой обработки и при прерывистом резании, Т15К6 для получистовой и чистовой обработки.

Подробно об инструментальных материалах излагается в гл. XVII.

§ 7. Износ и заточка резцов

В результате трения стружки о переднюю поверхность резца, а задних поверхностей резца о заготовку, рабочая часть резца изнашивается. Работать изношенным резцом нельзя, так как снижается производительность труда, ухудшается точность и качество обработки. Изношенный (затупленный) резец перетачивают.

Для заточки резцов используется точильно-шлифовальный станок. На рис. 14, *а* показан точильно-шлифовальный станок 3Б634. Основной узел точильно-шлифовального станка – шпиндельная головка *4*, представляющая собой двухскоростной встроенный электродвигатель, на обоих концах его вала (шпинделя) установлены абразивные круги *3*. Шлифовальный круг из электрокорунда предназначен для заточки резцов из быстрорежущей стали, шлифовальный круг из зеленого карбида кремния предназначен для заточки резцов, оснащенных пластинками из твердого сплава.

Устойчивое положение затачиваемого резца обеспечивается при помощи подручника (рис. 14, *б*). Сегментом *8* и поворотным столиком *9* регулируется положение резца по отношению к центру круга и под требуемым углом к рабочей поверхности круга. По высоте резец устанавливают так, чтобы его вершина находилась на уровне центра круга или несколько выше его (но не более чем на 10 мм).

При заточке (рис. 15) резец слегка прижимают затачиваемой поверхностью к вращающемуся кругу, а чтобы износ круга происходил равномерно и чтобы затачиваемая поверхность получалась плоской, резец все время передвигают вдоль рабочей поверхности круга. Сначала затачивают главную и вспомогательную поверхности, затем переднюю поверхность и вершину резца*. После заточки осуществляют доводку резца. Доводка заключается в притирке задних и передних поверхностей, на узких участках вдоль режущей кромки, что обеспечивает спрямление кромки и повышение стойкости резца. Доводку резца выполняют на алмазных доводочных кругах**

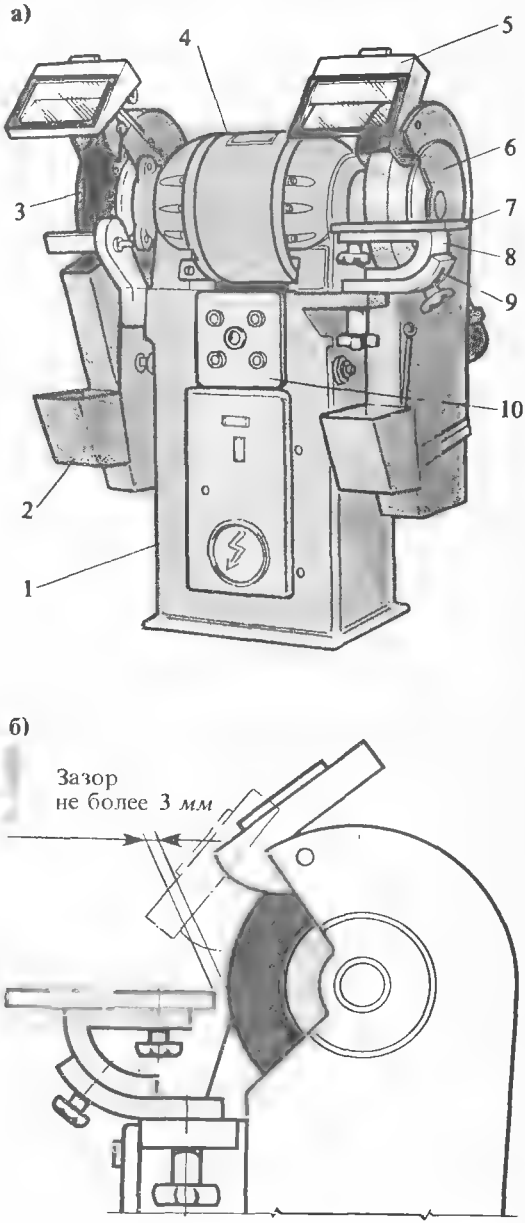
Геометрию резца после заточки проверяют специальными шаблонами, угломерами или приборами.

Резцы должен затачивать рабочий, получивший соответствующий инструктаж по технике безо-

* Подробнее о процессе заточки резца см. в гл. XVII.
** Подробнее об алмазной доводке см. в гл. XVII.

14 ТОЧИЛЬНО-ШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК (ТОЧИЛО) 3Б634:

а — общий вид, б — установка подручника; 1 — станина, 2 — резервуар для воды, 3 — шлифовальный круг, 4 — шпиндельная головка, 5 — щиток, 6 — защитный кожух, 7 — регулируемый подручник, 8 — поворотный сегмент, 9 — поворотный столик, 10 — пульт управления



пасности. При работе на заточном станке необходимо руководствоваться следующими требованиями безопасности:

перед тем, как приступить к заточке инструмента, убедиться в полной исправности всех механизмов станка, в наличии и исправности ограждения круга и правильности направления вращения круга (круг должен вращаться на резец);

проверить правильность установки подручника: зазор между рабочей поверхностью круга и подручником не должен превышать 3 мм (см. рис. 14, *б*);

перестановка подручника допускается только после полной остановки круга; запрещается работа без подручника и без ограждения круга;

во время заточки следует закрыть зону заточки прозрачным экраном или надеть защитные очки.

Необходимо соблюдать следующие правила пользования резцами:

перед включением подачи резец отвести от детали; это предохранит режущую кромку от выкрашивания;

рекомендуется периодически заправлять резец мелкозернистым абразивным бруском, непосредственно в резцедержателе, что удлиняет время работы резца;

не допускать значительного затупления резца по задней поверхности; перетачивать резец до наступления разрушения режущей кромки, т. е. при ширине изношенной площадки на главной задней поверхности резца 1 - 1.5 мм;

не использовать резцы в качестве подкладок;

сдать в кладовую твердосплавный резец, если пластинка из твердого сплава отделилась от державки;

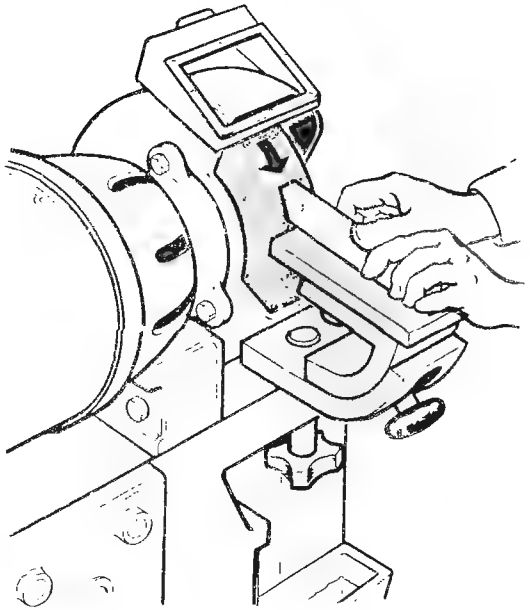
нельзя складывать резцы в инструментальном шкафчике беспорядочно («навалом»), необходимо следить, чтобы кромки резцов не касались стенок ящика.

§ 8. Понятие о режиме резания при точении

Процесс резания характеризуется определенным режимом. К элементам режима резания относятся глубина резания, подача и скорость резания.

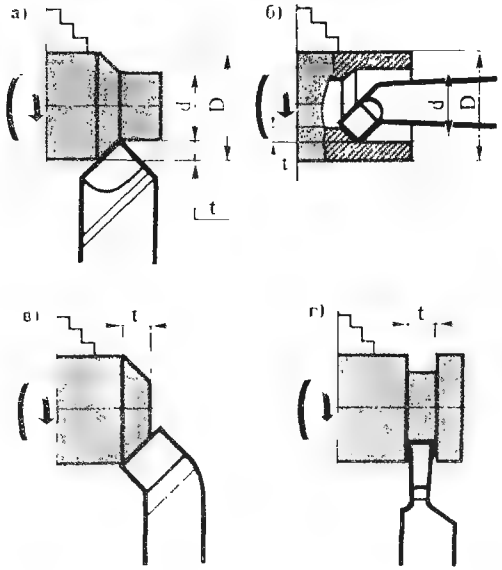
Глубина резания t — величина срезаемого слоя за один проход резца, измеряемая в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности. При наружном продольном

15 ЗАТАЧИВАНИЕ (ЗАТОЧКА) ОТРЕЗНОГО РЕЗЦА ПЕРИФЕРИЕЙ ПЛОСКОГО КРУГА

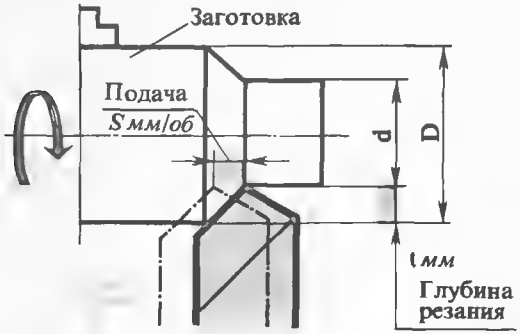


16 ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ОБРАБОТКИ:

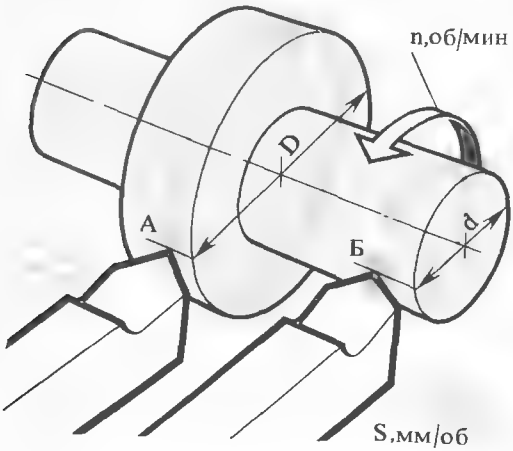
а — наружное точение (обтачивание); б — растачивание; в — подрезание торца; г — отрезание



17 ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗАНИЯ ПРИ НАРУЖНОМ ТОЧЕНИИ



18 ДАННЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ



точении глубина резания определяется как полуразность между диаметром заготовки (обрабатываемой поверхности) D и диаметром обработанной поверхности d (рис. 16, *а*), т. е.

$$t = \frac{D - d}{2} \text{ мм.}$$

При растачивании (рис. 16, *б*) глубина резания представляет собой полуразность между диаметром отверстия после обработки и диаметром отверстия до обработки (рис. 16, *в*). При подрезании глубиной резания является величина срезаемого слоя, измеренная перпендикулярно к обработанному торцу (рис. 16, *г*), а при прорезании и отрезании глубина резания равна ширине канавки, образуемой резцом (см. рис. 16, *г*).

Подача (точнее, скорость подачи) — величина перемещения режущей кромки в направлении движения подачи за один оборот заготовки (s мм/об) (рис. 17). При точении различают продольную подачу, направленную вдоль оси заготовки; поперечную подачу, направленную перпендикулярно оси заготовки; наклонную подачу под углом к оси заготовки (при обработке конической поверхности).

Скорость резания v — путь, пройденный наиболее отдаленной от оси вращения точкой поверхности резания относительно режущей кромки резца за единицу времени (м/мин). Скорость резания зависит от частоты вращения и диаметра обрабатываемой заготовки. Чем больше диаметр D заготовки, тем больше скорость резания при одной и той же частоте вращения, так как за один оборот заготовки (или за одну минуту) путь, пройденный точкой *А* на поверхности резания (рис. 18), будет больше пути, пройденного точкой *Б* ($\pi D > \pi d$).

Величину скорости резания можно определить по формуле

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ м/мин,}$$

где $\pi = 3{,}14$; D — наибольший диаметр поверхности резания, мм; n — частота вращения заготовки (число оборотов в минуту).

Если известна скорость резания, допускаемая режущими свойствами инструмента v и диаметр заготовки D, можно определить требуемую частоту вращения заготовки и настроить на эту частоту шпиндель:

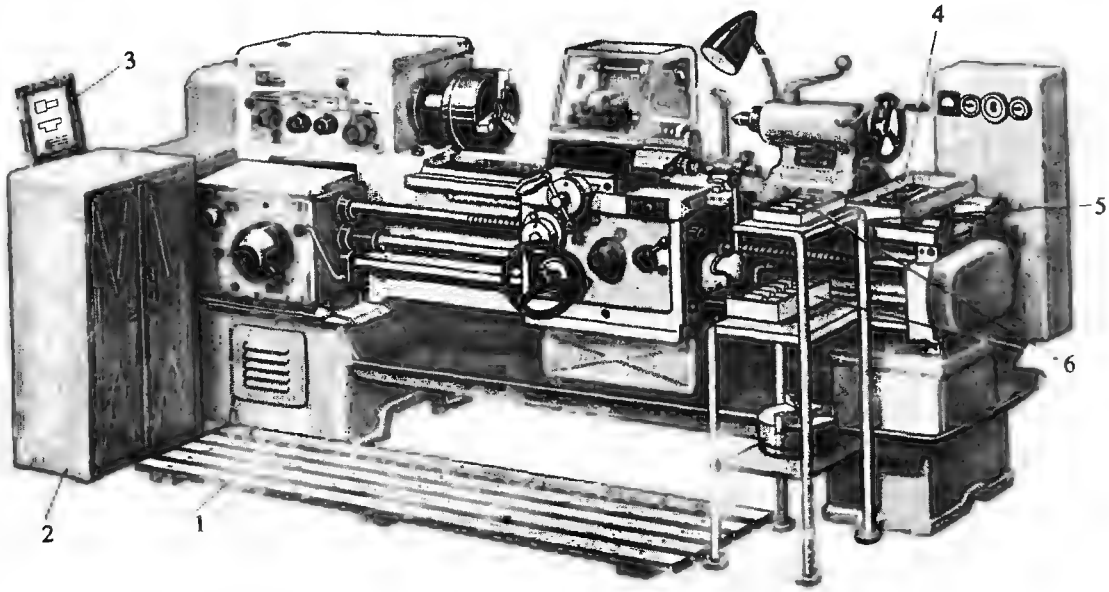
$$n = \frac{1000 v}{\pi D} \text{ об/мин.}$$

§ 9. Организация и обслуживание рабочего места токаря

Рабочим местом называется часть производственной площади цеха, на которой размещены один или несколько исполнителей ра-

19 РАБОЧЕЕ МЕСТО ТОКАРЯ (С ЛЕВЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ШКАФЧИКА):

1 — решетка, 2 — инструментальный шкафчик, 3 — планшет для чертежей, 4 — лоток для инструментов и ключей 5 — стеллаж 6 — ящик для деталей и заготовок



боты и обслуживаемая ими единица технологического оборудования, а также оснастка и (на ограниченное время) предметы производства.* Организация рабочего места должна обеспечивать возможно меньшие затраты времени, количество движений и усилий на выполняемую работу, наименьшую утомляемость и высокую работоспособность рабочего, а также безопасность работы и экономное использование производственных мощностей.

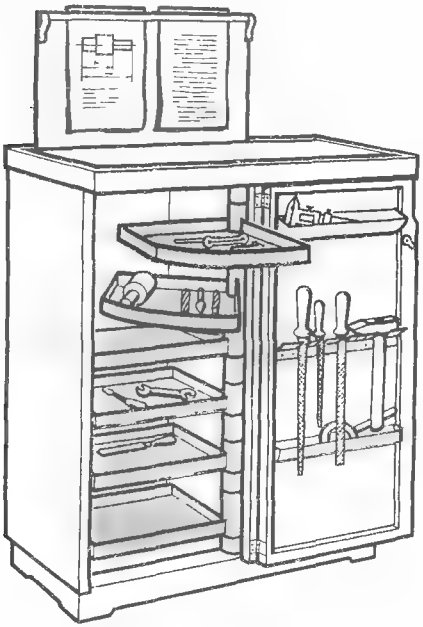
На планировку рабочего места токаря влияют габариты и назначение станка, размеры и масса обрабатываемых заготовок, а также тип производства. В единичном и серийных производствах, в условиях обработки разнообразных заготовок, на рабочем месте устанавливают инструментальный шкафчик и стеллаж. Заготовки и детали укладываются на стеллаже, крупные принадлежности хранят на нижней полке стеллажа.

Если приходится обрабатывать преимущественно валики с закреплением в центрах, то стеллаж с заготовками устанавливают слева, а инструментальный шкафчик справа от рабочего, так как заготовку устанавливают в центрах левой рукой. При обработке главным образом коротких заготовок, закрепляемых в патроне правой рукой, стеллаж устанавливают справа от токаря (рис. 19).

Применяют различные инструментальные шкафчики для одного или для двоих рабочих-сменщиков с общим или раздельным пользованием оснасткой. На рис. 20 показан типовой инструментальный шкафчик с вращающимися секторными ящиками. В верхнем ящике хранят чертежи, технологические карты, рабочие наряды, справочники, измерительные инструменты. В среднем ящике укладывают резцы, сгруппированные по типам и размерам. Ниже последовательно располагают режущие инструменты, переходные втулки, центры, хомутики, подкладки. В самом нижнем отделении укладывают патроны, а также кулачки к ним. Не следует загромождать шкафчик излишним запасом инструмента: все необходимое для работы лучше получать в начале смены из кладовой.

* Определение по ГОСТ 3.1109 73.

20 ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ ШКАФЧИК НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ТОКАРЯ



Перед началом работы располагают все предметы, которые берут правой рукой — справа от рабочего, а предметы, которые берут левой рукой,— слева; предметы, которыми пользуются чаще (например, ключ патрона), кладут ближе к рабочему, чем предметы, которыми пользуются реже (например, ключ резцедержателя).

Часто применяемые ключи и подкладки укладывают на планшете с буртиком, планшет помещают на передней бабке, станине или на специальной стойке.

Перед станком на полу укладывают деревянную решетку.

Рабочее место важно всегда содержать в чистоте, так как грязь и беспорядок приводят к потере рабочего времени, браку, несчастным случаям, простою и преждевременному износу станка.

Пол на рабочем месте должен быть ровным и чистым, не иметь подтеков масла и смазочно-охлаждающей жидкости.

Рабочее помещение оборудуется устройствами для удаления загрязненного и притока чистого воздуха. Температура воздуха в цехе (мастерской) должна составлять 15—18°С.

Контрольные вопросы

1. **Чем характеризуются детали, получаемые обработкой на токарном станке?**
2. **Назовите основные узлы токарно-винторезного станка и укажите их назначение.**
3. **В чем заключается сущность процесса резания металлов?**
4. **Какие поверхности различают на обрабатываемой заготовке?**
5. **Назовите основные части, элементы и углы токарного резца.**
6. **Что такое глубина резания, скорость резания?**
7. **Как зависит частота вращения шпинделя от допускаемой скорости резания и диаметра заготовки?**
8. **Для чего применяются смазочно-охлаждающие жидкости?**

Глава II
Обработка наружных цилиндрических поверхностей

§ 10. Требования к деталям с наружными цилиндрическими поверхностями

Валы, шестерни, оси, пальцы, штоки, поршни и другие детали машин имеют наружные цилиндрические поверхности. Цилиндрическая поверхность образуется при вращении прямой линии по окружности параллельно принятой оси.

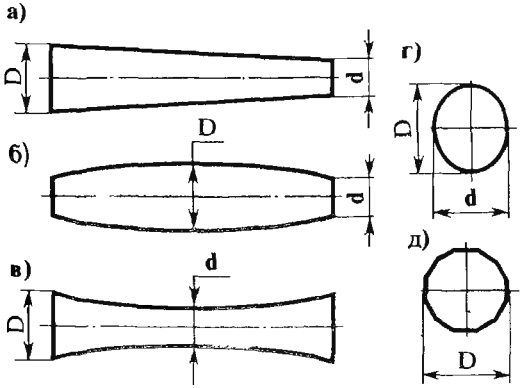
К цилиндрическим поверхностям предъявляются следующие требования:

прямолинейность образующей;

цилиндричность: в любом сечении, перпендикулярном оси, окружности должны быть одинакового диаметра (не должно быть конусообразности, бочкообразности, седлообразности);

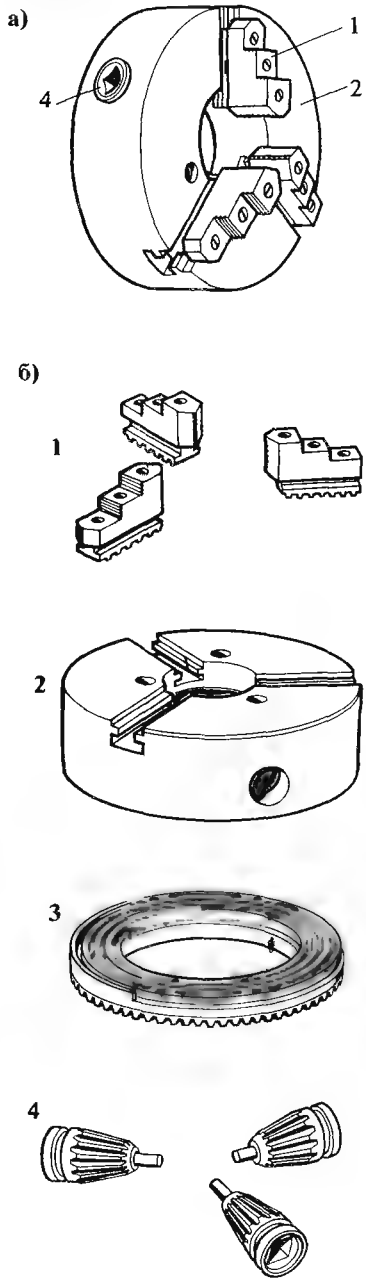
21 ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ:

а — конусообразность, б — бочкообразность, в — седлообразность, г — овальность, д — огранка



22 ТРЕХКУЛАЧКОВЫЙ САМОЦЕНТРИРУЮЩИЙ ПАТРОН:

а — общий вид, б — детали патрона: 1 — корпус, 2 — кулачки, 3 — коническое колесо со спиральной нарезкой, 4 — конические зубчатые колеса



к р у г л о с т ь: любое сечение должно иметь форму правильной окружности (не должно быть овальности, огранки);

с о о с н о с т ь: расположение осей ступеней ступенчатой детали на общей прямой.

На рис. 21, *а — д* показаны некоторые погрешности формы цилиндрических поверхностей.

Абсолютно точно выдержать требования, предъявляемые к цилиндрическим поверхностям, невозможно, и даже при самом тщательном изготовлении будут какие-то погрешности. Допускаемые отклонения формы и расположения поверхностей на чертежах деталей даются условными обозначениями или текстом в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД, ГОСТ 2.308—68).

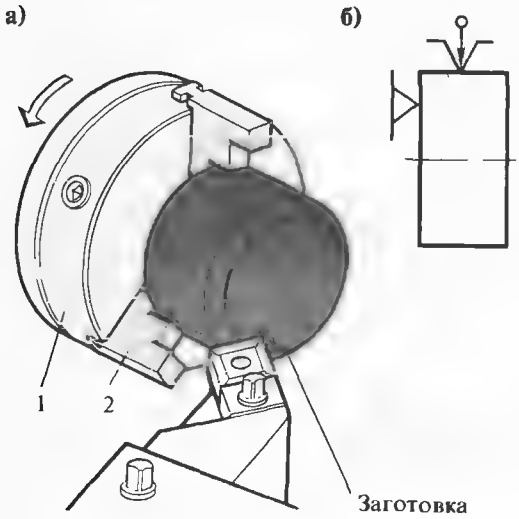
§ 11. Установка и закрепление заготовок в патронах

Заготовки небольшой длины закрепляют в токарных патронах. Патроны бывают самоцентрирующие и несамоцентрирующие.

Трехкулачковый с а м о ц е н т р и р у ю щ и й т о к а р н ы й п а т р о н имеет три кулачка, которые одновременно сходятся к центру или расходятся и поэтому обеспечивают точное центрирование заготовки (совпадение оси заготовки с осью вращения шпинделя), т. е. ее б а з и р о в а н и е по наружной цилиндрической поверхности.

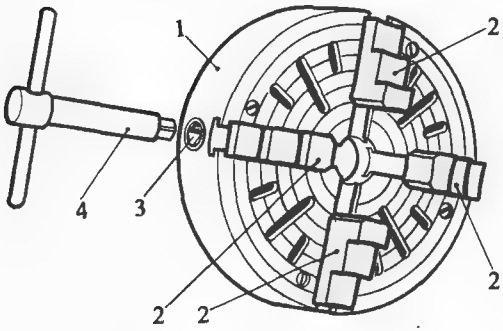
23 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВКИ В ПЕРЕВЕРНУТЫХ КУЛАЧКАХ ПАТРОНА (*а*), СХЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ (*б*):

1 — корпус патрона, 2 — кулачок



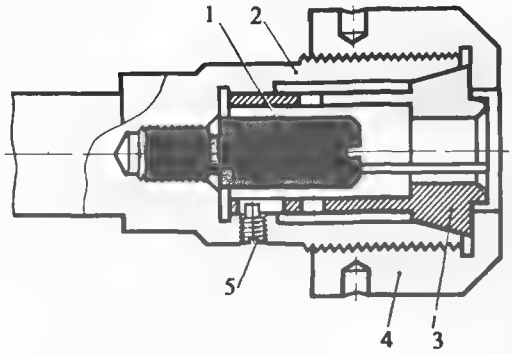
24 ЧЕТЫРЕХКУЛАЧКОВЫЙ ПАТРОН:

1 — корпус патрона (планшайба), 2 — кулачки, 3 — гнездо винта, 4 — ключ



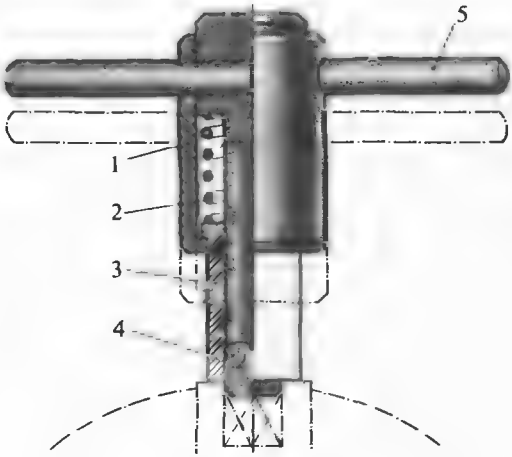
25 ЦАНГОВЫЙ ПАТРОН:

1 — регулируемый упор, 2 — корпус, 3 — цанга, 4 — нажимная гайка, 5 — винт



26 КЛЮЧ С ПОДПРУЖИНЕННЫМ РАБОЧИМ СТЕРЖНЕМ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ В ПАТРОНЕ:

1 — неподвижная трубка, 2 — пружина, 3 — подвижная трубка, 4 — рабочий стержень, 5 — рукоятка



Трехкулачковый самоцентрирующий патрон показан на рис. 22, *а*, *б*. В радиальных пазах корпуса *2* патрона движутся кулачки *1*. Своими спиральными выступами на подошве кулачки входят в канавки спиральной резьбы большого конического зубчатого колеса *3*, которое приводится во вращение с помощью ключа, вводимого в гнездо одного из сопряженных с ним малых зубчатых колес *4*. По спиральной резьбе большого конического колеса кулачки патрона

могут одновременно двигаться к центру или от центра, т. е. зажимать или освобождать заготовку.

Для изготовления точных деталей применяют патроны со сменными незакаленными кулачками, которые перед обработкой партии деталей растачивают на диаметр, соответствующий диаметру зажимаемой поверхности.

Заготовки больших диаметров закрепляют в перевернутых кулачках: в этом случае уступы кулачков создают надежный упор заготовке (рис. 23, *а*).

Согласно Единой системе технологической документации (ЕСТД, ГОСТ 3.1107 73) в технологических документах применяются условные обозначения базирования заготовок (деталей) и зажимов. На рис. 23, *б* показано условное обозначение базирования и зажима по наружной поверхности*.

Рабочие поверхности кулачков самоцентрирующего патрона изнашиваются неравномерно, поэтому их периодически растачивают или шлифуют.

На пазах корпуса патрона и на кулачках нанесены цифры (1, 2, 3) или накернено соответствующее количество точек. При сборке патрона кулачки вставляют в пазы поочередно в порядке возрастания цифр.

Четырехкулачковый патрон имеет четыре зажимных кулачка, которые перемещаются независимо один от другого в пазах корпуса (рис. 24). На каждом кулачке имеется полугайка, сопрягаемая с винтом, расположенным в пазу. Заготовку закрепляют в патроне поворотом ключа *4*, который вводится в гнездо *3* винта.

Цанговые патроны служат для закрепления заготовок по предварительно обработанной наружной поверхности. Цанга *3* (тонкостенная стальная втулка с прорезями) сжимается при навертывании гайки *4* на резьбу цилиндрического участка корпуса *2* патрона, так как входит в коническую расточку корпуса; внутренняя рабочая поверхность цанги при этом зажимает заготовку (рис. 25).

Правила эксплуатации токарных патронов:

при закреплении заготовки в патроне не применять удлинители для рукоятки ключа; закрепляют и освобождают заготовку поворотом ключа, захватив рукоятку его обеими руками;

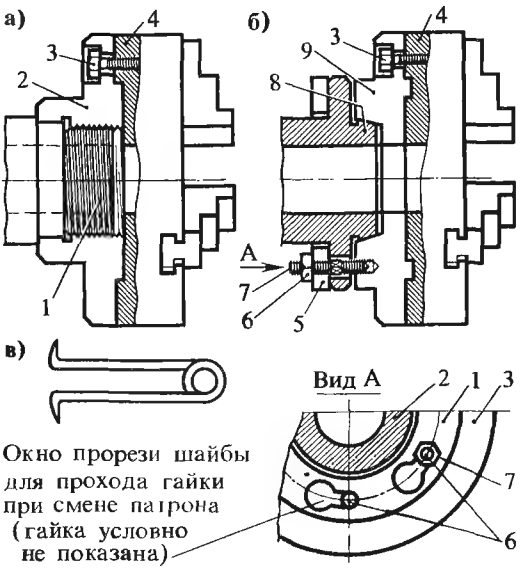
не оставлять ключ в патроне, так как это может быть причиной травмы рабочего. Рекомендуется применять безопасный ключ с подпружиненным рабочим стержнем (рис. 26). При нажиме на рукоятку *5* стержень ключа полностью входит в гнездо. Если ключ оставлен в патроне и, следовательно, снят нажим на рукоятку, пружина *2* вытолкнет ключ из гнезда патрона;

токарный патрон периодически разбирают, очищают и смазывают. При хранении патрона в инструментальной тумбочке кулачки должны быть сведены к центру, а центральное отверстие закрыто пробкой из пенопласта;

на некоторых токарных стенках патрон навинчивается на резьбу шпинделя (рис. 27, *а*), при этом должны соблюдаться правила техники безопасности: не допускается навинчивание и снятие (по резьбе) патрона при вращении шпинделя; при навинчивании и снятии под патрон подкладывают деревянный брус, высота которого обеспечивает совпадение отверстия патрона с резьбой шпинделя. Резьбовой конец шпинделя и резьбу в центральном отверстии патрона перед навинчиванием протирают и смазывают,

27 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ТОКАРНОГО ПАТРОНА НА РЕЗЬБЕ (*а*), НА КОНУСЕ (*б*), ПРОВОЛОЧНЫЙ ОЧИСТИТЕЛЬ (*в*):

1 — резьбовой конец шпинделя, 2 — планшайба, 3 — винт, 4 — корпус, 5 — шайба, 6 — гайка, 7 — резьбовая шпилька, 8 — посадочный конус шпинделя, 9 — планшайба



* В дальнейшем на схемах базирования и зажима приводятся также условные обозначения по ЕСТД.

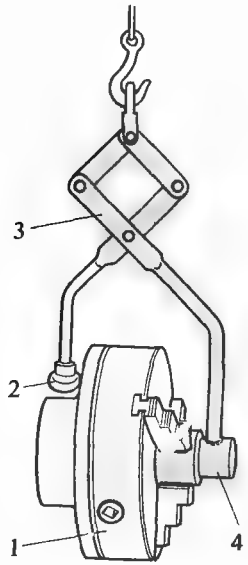
резьбу в патроне перед этим очищают проволочным очистителем (рис. 27, *в*).

Тяжелые патроны устанавливают при помощи кран-балки и специального приспособления (рис. 28).

У современных станков планшайба патрона центрируется по наружному корпусу шпинделя и притягивается к торцу фланца четырьмя винтами с гайками (см. рис. 27, *б*). Фланцевое закрепление патрона обеспечивает высокую точность центрирования, жесткость и исключает самоотвинчивание. Для смены патрона ослабляют четыре гайки *6*, шайбу *5* поворачивают так, чтобы окна прорези шайбы оказались против гаек: патрон в таком положении легко снимается. Установку и закрепление патрона выполняют в обратном порядке.

28 ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ УСТАНОВКИ И СНЯТИЯ ТЯЖЕЛЫХ ПАТРОНОВ:

1 — патрон, 2 — упор, 3 — шарнирный захват, 4 — оправка



§ 12. Установка и закрепление заготовок в центрах

Центры. Заготовки валов, длина которых превышает диаметр в 5 и более раз, обычно обрабатывают с установкой коническими поверхностями центровых отверстий на центрах станка.

В качестве зажимных приспособлений используют: передний опорный центр, закрепляемый в шпинделе, и задний опорный центр, закрепляемый в пиноли задней бабки. Передний центр вращается вместе с заготовкой, а задний центр неподвижен, поэтому между заготовкой и задним центром возникает трение. Для уменьшения трения в цилиндрическую часть центрового отверстия заготовки со стороны задней бабки вводят густую смазку, которая от нагрева размягчается, попадает на конус центра и смазывает его.

Центровые отверстия стандартизированы по ГОСТ 14034—68. На рис. 29 показаны основные типы центровых отверстий.

Опорный центр (рис. 30) имеет рабочий конус *1* с углом 60° (а для тяжелых станков 70° или 90°) и хвостовик *2*, выполненный по стандартному конусу Морзе (№ 2, 3, 4, 5, 6). Угол уклона конуса хвостовика 1°26′. Для тяжелых станков хвостовик центра имеет метрический конус М60, М100 или М120 с углом уклона 1°30′.

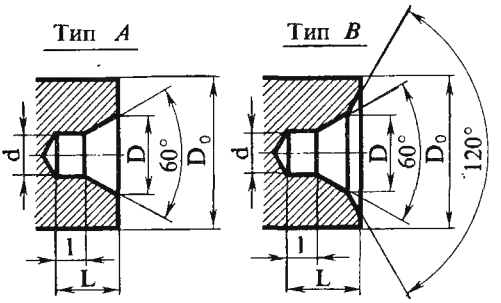
Обычный или жесткий опорный центр применяют при сравнительно невысокой частоте вращения шпинделя (до 120 об/мин), так как между заготовкой и рабочим конусом центра возникает трение, что может привести к быстрому нагреву и износу центра. Работа с повышенной частотой вращения шпинделя ведется на износостойких центрах, у которых на рабочий конус наплавлен слой твердого сплава или впаян твердосплавный наконечник (рис. 31, *а*, *б*).

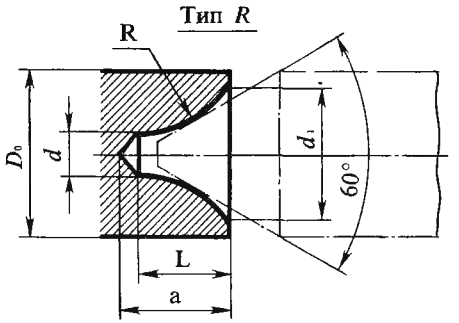
Работа с высокой частотой вращения вызывает необходимость в установке вращающегося заднего центра, который имеет шпиндель, установленный в подшипниках. Для легких работ подшипники радиально-упорные шариковые, для повышенных нагрузок радиально-упорные роликовые.

На рис. 32 показан вращающийся центр для легких радиальных нагрузок. Осевую нагрузку воспринимают упорный подшипник *3* и задний игольчатый подшипник *6*. Радиальную нагрузку воспринимает радиальный подшипник *2*. Крышка *1* ввертывается в корпус *4* и упирается в торец наружного кольца радиального подшипника, что позволяет регулировать люфт (зазор «мертвый ход»). Фетровое уплотнение в крышке предохраняет подшипники от загрязнения и вытекания смазки.

29 ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ЦЕНТРОВЫХ ОТВЕРСТИЙ:

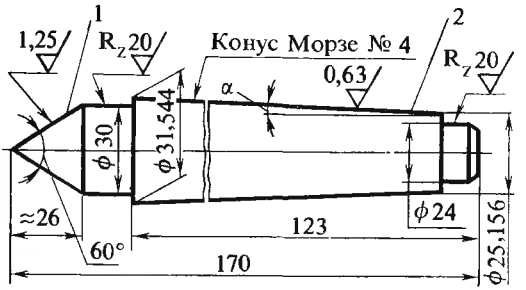
тип А — для заготовок, после обработки которых необходимость в центровых отверстиях отпадает, тип В — для заготовок, которые обрабатываются в дальнейшем закрепленными в центрах; тип R — для заготовок точных деталей, обеспечивает надежный кольцевой контакт с поверхностью головки центра даже при некоторых перекосах





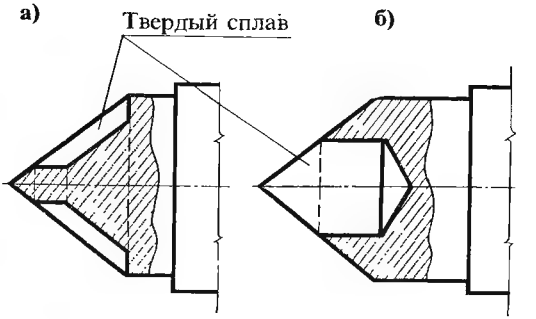
30 ЖЕСТКИЙ ОПОРНЫЙ ЦЕНТР:

1 — рабочий конус, 2 — хвостовик



31 ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ ЦЕНТРЫ:

а — с наплавленным слоем твердого сплава, б — с впаянным наконечником



§ 13. Поводковые устройства

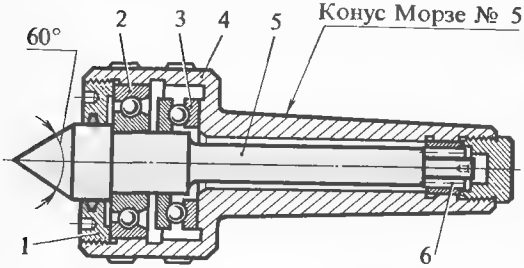
Для передачи вращения от шпинделя к заготовке, устанавленной в центрах, применяют поводковые устройства. Простейшее из них — токарный хомутик (рис. 33, *а*, *б*). Отогнутый хвостовик хомутика входит в радиальный паз планшайбы, закрепленной на шпинделе станка. Вращаясь вместе со шпинделем, планшайба *1* увлекает за собой хомутик *3*, а вместе с ним установленную в центрах *2* и *4* заготовку. Применяют также хомутики с прямыми хвостовиками, для работы с ними используются поводковые планшайбы, у которых роль поводка выполняют палец или планка (рис. 34, *а*, *б*).

Работа с хомутиком представляет определенную опасность: возможны случаи захвата хвостовиком хомутика одежды рабочего. Поэтому в целях безопасности применяют планшайбы с защитными кожухами (безопасные планшайбы) (см. рис. 34). Чтобы не повредить поверхность зажимаемой заготовки, на нее надевают разрезную втулку или под зажимной болт подкладывают резину.

Для сокращения времени на установку и снятие хомутика применяют быстродействующие и самозажимные хомутики. Основной деталью самозажимного поводкового хомутика является кольцо *1* (рис. 35), которое надевают на заготовку, установленную в центрах. При включении шпинделя планшайба воздействует на поводок *4*, который, поворачиваясь на оси *2*, захватывает заготовку рифленой рабочей поверхностью. При резании этот хомутик тем на-

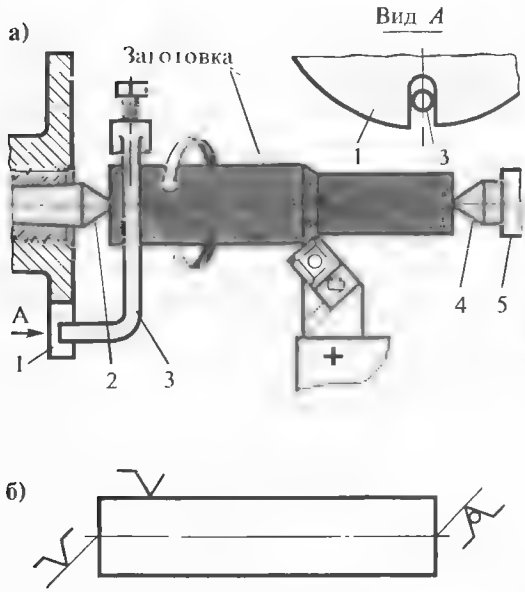
32 ВРАЩАЮЩИЙСЯ ЦЕНТР ДЛЯ ЛЕГКИХ РАДИАЛЬНЫХ НАГРУЗОК (ДО 200 КГ):

1 — крышка; 2 — радиальный подшипник; 3 — упорный подшипник; 4 — корпус с хвостовиком; 5 — центр; 6 — игольчатый подшипник



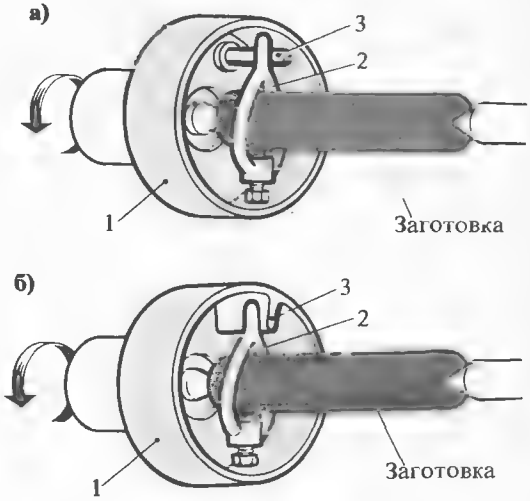
33 ПРИМЕНЕНИЕ ХОМУТИКА (*а*), СХЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ (*б*):

1 — планшайба; 2 — передний центр; 3 — хомутик; 4 — задний центр; 5 — линейка



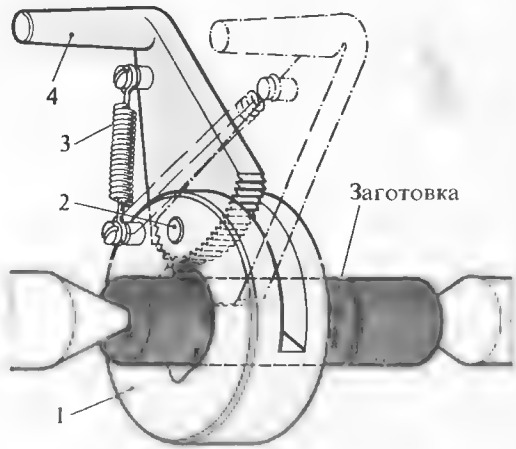
34 БЕЗОПАСНЫЕ ПЛАНШАЙБЫ:

а — с поводковым пальцем; б — с поводковой планкой; 1 — планшайба; 2 — хомутик; 3 — поводок (палец или планка)



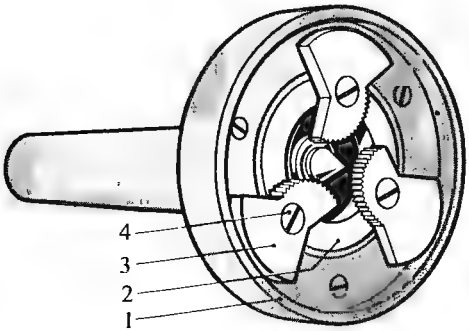
35 САМОЗАЖИМНОЙ ПОВОДКОВЫЙ ХОМУТИК:

1 — кольцо; 2 — ось; 3 — пружина; 4 — поводок



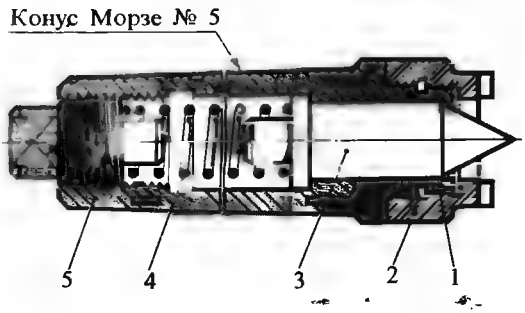
36 САМОЗАЖИМНОЙ ПОВОДКОВЫЙ ПАТРОН:

1 — планшайба, 2 — «плавающее кольцо», 3 — кулачок, 4 — ось кулачка



37 ПОВОДКОВАЯ ОПРАВКА:

1 — корпус оправки с коническим хвостовиком, 2 — поводковая шайба с торцовыми зубцами, 3 — плавающий центр, 4 — пружина, 5 — регулирующий винт пружины



дежнее зажимает заготовку, чем больше сечение стружки.

Передачу крутящего момента от шпинделя на заготовку часто осуществляют специальным поводковым самозажимным патроном (планшайбой) с эксцентриковыми кулачками. Конструкция такого патрона токаря-новатора В. К. Семинского показана на рис. 36. Наличие «плавающего кольца» *2*, на котором расположены оси *4* кулачков *3*, позволяет закреплять заготовки с неровной наружной поверхностью (например, поковки).

На рис. 37 изображена поводковая оправка, которая увлекает заготовку зубцами, находящимися на рабочем торце поводковой шайбы. Заготовка поджимается к зубцам центром задней бабки.

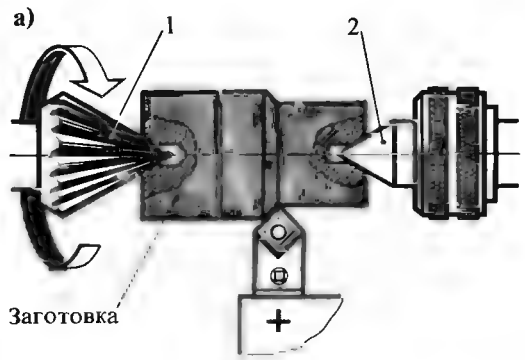
Поводком для валиков малых диаметров может служить рифленый поводковый центр — «ерш» (рис. 38, *а*, *б*). Для обработки трубчатых заготовок также пользуются «ершами», имеющими на рабочей поверхности зубцы — рифления.

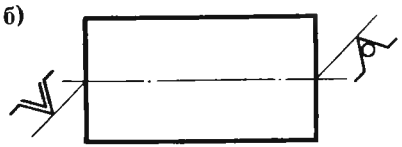
Валики небольшого диаметра (до 20 мм) возможно закреплять в обратных центрах (рис. 39, *а*, *б*, *в*). На заготовке предварительно протачивают торцовые конусы и фаски, а передний и задний центры имеют соответствующие отверстия с посадочными конусами.

Заготовка увлекается во вращение благодаря трению между передним обратным центром и заготовкой. Метод крепления в обратных центрах применяется только при чистовой обработке. Установка заготовок в центрах (с надеванием хомутика) длится 0,25 0,6 мин (в зависи-

38 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВКИ ПРИ ПОМОЩИ ПОВОДКОВОГО ЦЕНТРА — «ЕРША» (*а*), СХЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ (*б*):

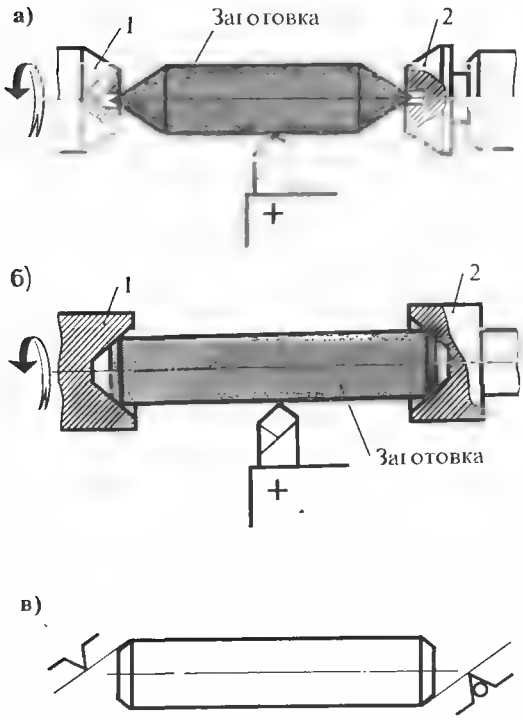
1, 2 — центры-«ерши»



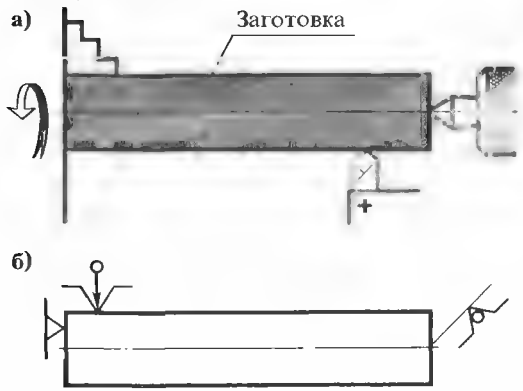


39 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВКИ В ОБРАТНЫХ ЦЕНТРАХ:

а — базирование по установочным конусам; б — базирование по фаскам; в — схема обозначения; 1 — передний центр, 2 — задний центр



40 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ДЛИННОЙ ЗАГОТОВКИ В ПАТРОНЕ С ПОДДЕРЖКОЙ ЗАДНИМ ЦЕНТРОМ (*а*), СХЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ (*б*)



мости от массы детали). Установка в центрах с поводковым самозажимным патроном (планшайбой) или оправкой, а также установка в прижимах трения сокращает время на зажим и снятие детали почти в два раза.

Опытные токари обрабатывают валики небольшого диаметра, закрепляя в обратных центрах типа «рюмка» (с базированием по фаске) (см. рис. 39, *б*).

Заготовки из проката крепят в трехкулачковом патроне с поддержкой центром, установленным в пиноли задней бабки (рис. 40, *а*, *б*).

§ 14. Резцы для обработки наружных цилиндрических поверхностей и установка их в резцедержателе

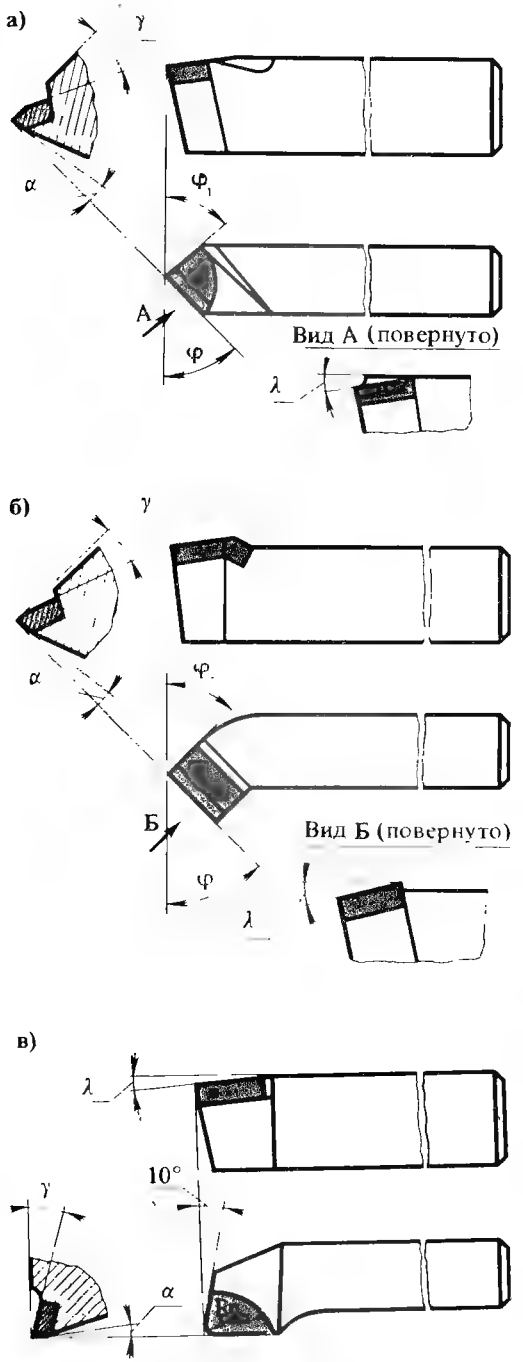
Проходные резцы могут быть прямые и отогнутые (рис. 41, *а*, *б*). Отогнутыми можно не только обтачивать наружную цилиндрическую поверхность, но и подрезать торец детали. Проходные резцы имеют главный угол в плане $\varphi = 30 - 60$; углы в плане с меньшими значениями характерны для обработки жестких заготовок, когда отношение длины к диаметру $\frac{l}{d} \leqslant 5$. Вспомогательный угол в плане φ_1 обычно принимается 10—30 .

На практике часто применяют проходные упорные резцы с главным углом в плане $\varphi = 90$ (рис. 41, *в*). Ими удобно обрабатывать наружные цилиндрические поверхности и подрезать уступы. Упорные резцы применяют также для обтачивания нежестких валов, когда отношение длины к диаметру $\frac{l}{d} > 12$, так как они вызывают меньший прогиб заготовки. Однако у резцов с углом $\varphi = 90°$ в работе участвует меньшая длина режущей кромки, чем у резцов с углом $\varphi = 30 - 60$, поэтому стойкость упорных резцов меньше, чем проходных.

Для черновых проходов применяют резцы с радиусом закругления вершины $R = 0{,}5$—1 мм, а для получистовых $R = 1{,}5$—2 мм, так как чем больше радиус при вершине, тем чище обработанная поверхность (меньше высота остаточных шероховатостей). Для чистового точения целесообразно применять чистовые резцы с радиусом закругления $R = 3$—5 мм. Твердосплавные резцы для обработки чугуна имеют острую кромку, а для обработки стали на кромке резца доводят узкую фаску (рис. 42, *а*, *б*).

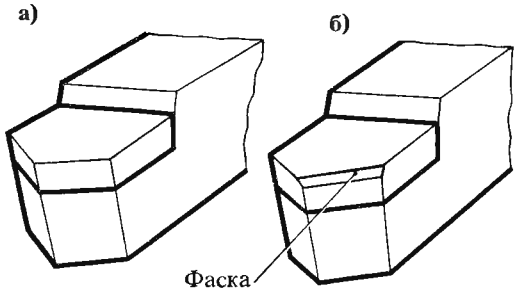
41 ПРОХОДНЫЕ РЕЗЦЫ:

а — прямой, б — отогнутый, в — упорный



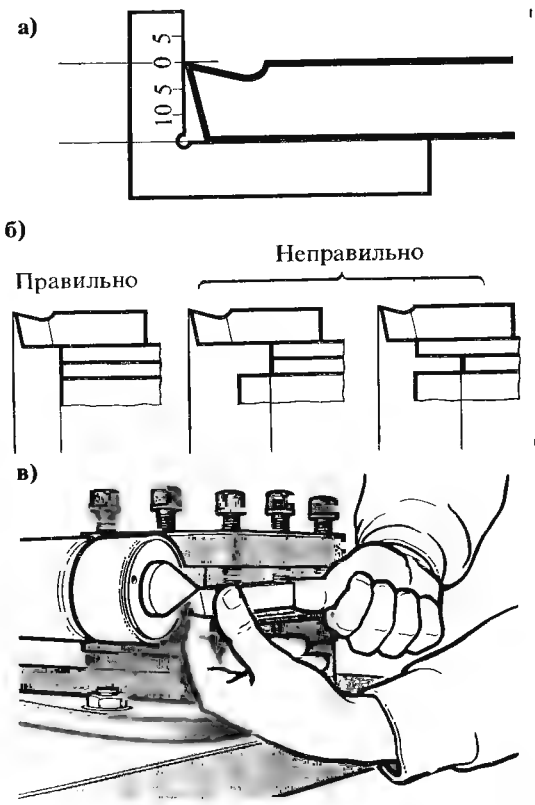
42 ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ НАПАЙНЫЕ РЕЗЦЫ:

а — остроконечный, б — с фаской на режущей кромке



43 УСТАНОВКА РЕЗЦА В РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЕ:

а — контроль установки резца относительно оси центров по угольнику-шаблону, б — установка подкладок под резец, в — проверка установки резца по опорному центру



Резец устанавливают в резцедержателе таким образом, чтобы вершина его была расположена на уровне оси шпинделя. Установку резца контролируют угольником с делениями или по опорному центру (рис. 43, *а*, *б*, *в*). Под подошву резца помещают подкладку из мягкой стали, причем количество подкладок должно быть минимальным, а подошва резца должна опираться на подкладку всей поверхностью (рис. 43).

Вылет резца из резцедержателя не должен превышать полторы высоты державки, т. е. $l \leq 1{,}5\ H$ (рис. 44). Резец закрепляют в резцедержателе не менее чем двумя болтами.

§ 15. Обработка гладких наружных цилиндрических поверхностей (обтачивание)

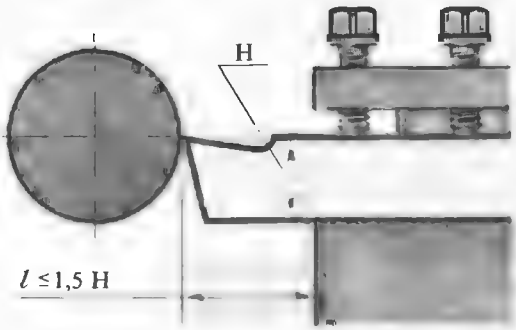
Перед началом обтачивания устанавливают, какая толщина слоя металла подлежит срезанию и за сколько проходов можно выполнить обработку. Резец устанавливают на глубину резания с помощью лимба, закрепленного на винте поперечной каретки суппорта (рис. 45, *а*—*в*). На лимбовом кольце имеются деления и обозначена цена деления.

Ценой деления называется величина поперечного перемещения резца при повороте лимба на одно деление.

Чтобы получить нужный диаметр детали, применяют метод пробных проходов. При этом резец подводят к вращающейся заготовке до соприкосновения с обрабатываемой поверхностью и момент соприкосновения замечают по появлению на заготовке едва заметной кольцевой риски. Затем резец отводят вправо за пределы заготовки продольным перемещением суппорта. Лимбовое кольцо устанавливают вначале в нулевое положение и поворотом рукоятки подают поперечные салазки суппорта по лимбу вперед на величину, несколько меньшую, чем требуется для получения окончательного размера. После этого ручной подачей обтачивают участок поверхности на длину 3—5 мм, отводят резец вправо и измеряют размер обточенного участка.

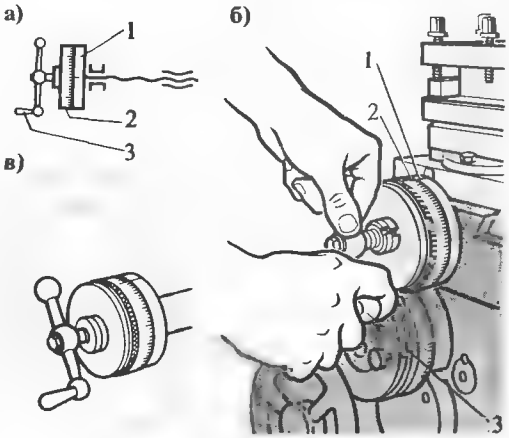
После измерения уточняют, насколько требуется дополнительно подать резец вперед. Этот размер устанавливают по лимбу и вновь обтачивают пробный участок. Когда резец окончательно установлен на размер, остальные заготовки партии обрабатываются с установкой резца по лимбу без пробных проходов.

44 ДОПУСТИМЫЙ ВЫЛЕТ РЕЗЦА



45 ЛИМБ ПОПЕРЕЧНОЙ ПОДАЧИ:

а — схема лимба, *б* — установка размера, *в* — вращение рукоятки для устранения люфта: 1 — риски на фланце суппорта, 2 — лимб поперечной подачи, 3 — рукоятки лимба



Между винтом поперечных салазок и его гайкой всегда имеется некоторый люфт. Чтобы люфт не вызывал погрешности при установке резца по лимбу, рукоятку винта вращают только по часовой стрелке вправо, предварительно сделав один оборот против часовой стрелки (см. рис. 45, *в*).

Верхние (резцовые) салазки суппорта также имеют лимб. У токарных станков 1К62 и 16К20 цена деления лимбов поперечных и верхних (резцовых) салазок — 0,05 мм.

§ 16. Выбор режимов резания для обтачивания

Высокая производительность токарной обработки достигается выбором рациональных режимов резания. Режимы резания зависят от обрабатываемого материала и материала резца, от припуска на обработку, допускаемой шероховатости поверхности детали, жесткости заготовки и резца, способа закрепления заготовки, применяемой смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и других факторов.

Прежде всего назначают глубину резания, стремясь по возможности срезать весь припуск за один проход. Если жесткость заготовки недостаточна или требуется высокая точность, то обтачивание выполняют за несколько проходов. Для чернового прохода глубину резания обычно принимают 4—6 мм, для получистового 2—4 мм и для чистового прохода 0,5—2 мм.

После назначения глубины резания выбирают подачу, которая зависит главным образом от допускаемой шероховатости поверхности готовой детали. Для черновых проходов принимают подачу 0,5—1,2 мм/об, а для чистовых — 0,2—0,4 мм/об.

Скорость резания зависит от многих факторов, основным из которых является стойкость резца — способность его выдерживать высокую температуру и сопротивляться истиранию режущей части, что в первую очередь зависит от материала режущей части резца. Ориентировочное значение средней скорости резания для наружного точения по стали и чугуну приведено в табл. 1.

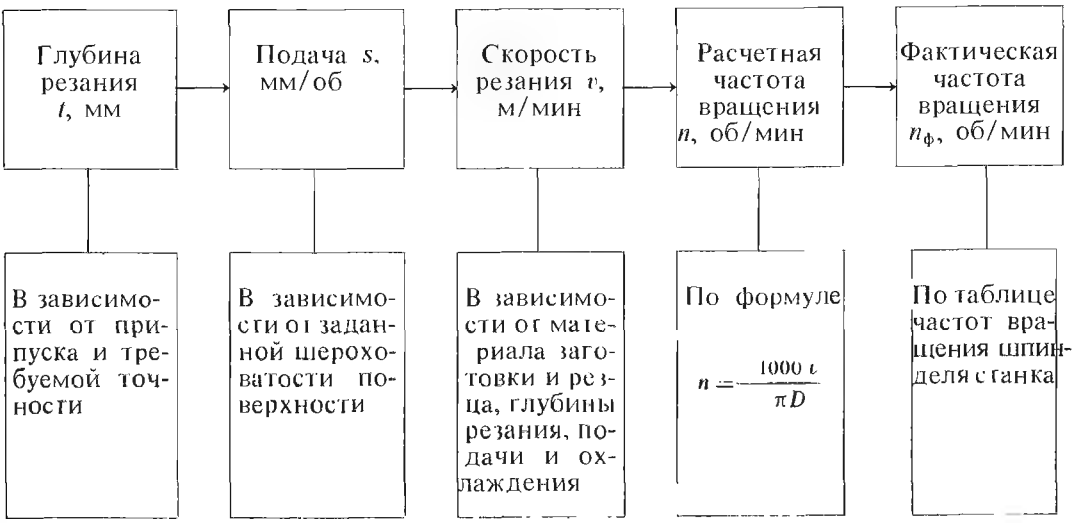
Таблица 1

Средние значения скорости резания v для наружного точения, м/мин

Материал резца	Обрабатываемый материал	Вид обработки	
		черновая	чистовая
Быстрорежущая сталь Р9, Р12, Р18, Р6М5	Сталь	20—30	35—45
Твердый сплав ВК8	Чугун	60—70	80—100
Твердый сплав Т15К6	Сталь	100—140	150—200

Зная скорость резания и диаметр заготовки, можно определить частоту вращения шпинделя станка (число оборотов в минуту) (см. гл. I). Фактическую частоту вращения, ближайшую меньшую к расчетной, выбирают из имеющихся на станке и показанных на таблице, расположенной на передней бабке токарного станка.

Таким образом, последовательность выбора рациональных режимов резания может быть представлена следующей схемой:



§ 17. Обработка ступенчатых валов

Валы, имеющие несколько участков различного диаметра и длины, называются **ступенчатыми**. Для обработки ступенчатых валов резец настраивают с помощью пробных проходов, отдельно для каждой ступени. Деления лимба, соответствующие диаметрам каждой ступени, запоминают или записывают. По этим данным ведут обработку всей партии заготовок без пробных проходов.

Длины ступеней контролируют штангенциркулем с выдвижным глубиномером (типа ШЦ-I), штангенглубиномером, линейкой или шаблоном (рис. 46, *а—г*). Токарные станки 16К20, 1К62, 1К625, 1И611 и другие имеют лимб продольной подачи. Повороту лимба на одно деление соответствует перемещение суппорта на один миллиметр. По лимбу продольной подачи можно контролировать продольное перемещение резца и отводить резец в тот момент, когда получена нужная длина ступени.

Высокая производительность при обработке ступенчатых валов достигается за счет правильного выбора схемы обработки. Наиболее производительной является такая схема обтачивания, при которой весь припуск снимают за один проход резца. Общий путь перемещения резца при этом равен сумме длин ступеней, т. е. общей длине заготовки (рис. 47, *а*),

$$L = l_3 + l_2 + l_1 \text{ мм.}$$

Если жесткость заготовки не позволяет вести обтачивание с большой глубиной резания, то принимается другая схема (рис. 47, *б*), при этом общий путь перемещения резца составит:

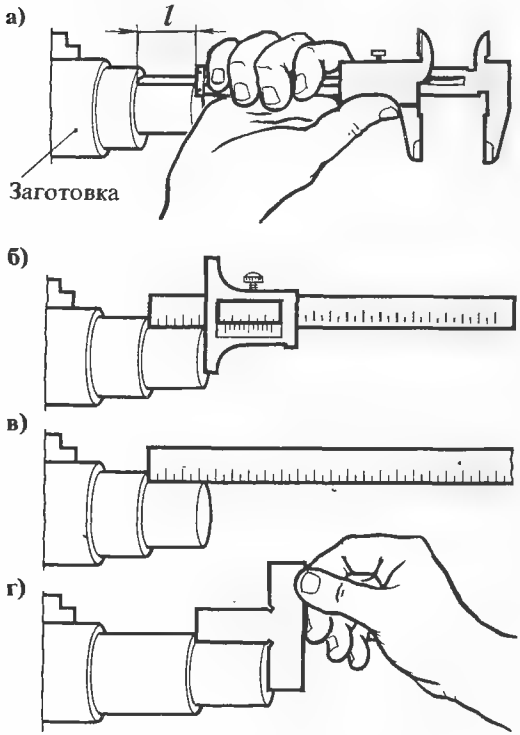
$$L = (l_3 + l_2 + l_1) + (l_3 + l_2) + l_3 = 3l_3 + 2l_2 + l_1 \text{ мм.}$$

Работа по второй схеме менее производительна, чем по первой

Большую партию ступенчатых заготовок целесообразно обрабатывать, пользуясь продольным упором, закрепляемым на направляющей станины и ограничивающим перемещение суппорта (рис. 48). Проточив первую пробную заготовку на нужную длину, выключают станок и, не отводя суппорта, закрепляют упор так,

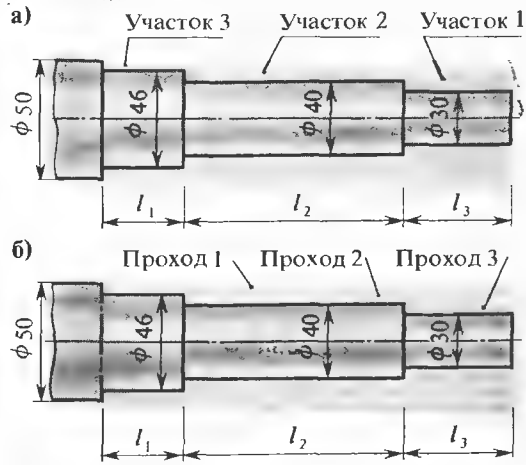
46 КОНТРОЛЬ ДЛИН СТУПЕНЕЙ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА:

а — штангенциркулем ШЦ-I, б — штангенглубиномером, в — линейкой, г — шаблоном



47 СХЕМЫ ОБТАЧИВАНИЯ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА:

а — за один проход с расчленением припуска по длине на участки, б — на три прохода с расчленением припуска по глубине



чтобы он прикоснулся к левой боковой грани каретки суппорта. Теперь все последующие заготовки, обрабатываемые при перемещении суппорта до упора, будут иметь одинаковый размер. Механическую подачу выключают при подходе суппорта к упору на расстоянии 1—2 мм и доводят его до упора ручной подачей.

Заготовки с несколькими ступенями обрабатывают по упору с мерными длиноограничителями, в качестве которых можно использовать наборы мерных плиток (обычно потерявших исходную точность) или специальные шаблоны.

На рис. 49 видно, что первую ступень на размер l_1 обтачивают без длиноограничителя с подачей суппорта непосредственно до упора, вторую ступень обтачивают на длину l_2 для длиноограничителя, длина которого равна $l_1—l_2$, третью ступень l_3 до длиноограничителя, длина которого равна $l_1—l_3$, четвертую ступень до длиноограничителя, длина которого равна $l_1—l_4$.

Центровые отверстия в заготовках не могут иметь абсолютно одинаковую глубину, поэтому при установке в центрах заготовки смещаются, заготовки с более глубоким центровым отверстием устанавливаются ближе к передней бабке, а с более мелким — дальше. При обработке по упору вследствие различной глубины отверстий получаются различные длины ступеней на различных деталях партии.

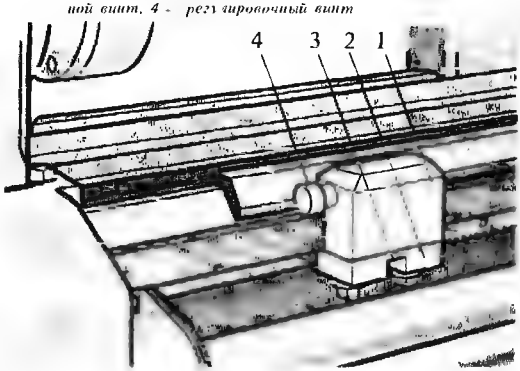
Чтобы обеспечить одинаковые длины ступеней для всех деталей партии ступенчатых валов, закрепляемых в центрах, применяют передний плавающий центр (рис. 50, *а—в*). Он состоит из конического корпуса *3*, который устанавливается в конической расточке шпинделя; собственно центра *5*, свободно перемещающегося в осевом отверстии корпуса; пружины *2* и упорного винта *1*. Винт *6* играет роль шпонки, а винт *4* — роль стопора.

На рис. 50, *б* показано, как заготовка, поджатая задним центром, упирается в торец корпуса плавающего центра, а рабочий конус плавающего центра центрирует заготовку и в зависимости от глубины центрового отверстия может «утопать» глубже в корпус или выдвигаться из него.

Когда обрабатывается партия коротких заготовок в патроне по продольным упорам, то для предотвращения ее продольного смещения заготовка должна упираться в уступы кулачков патронов (рис. 51, *а - в*) или в торец внутренне-

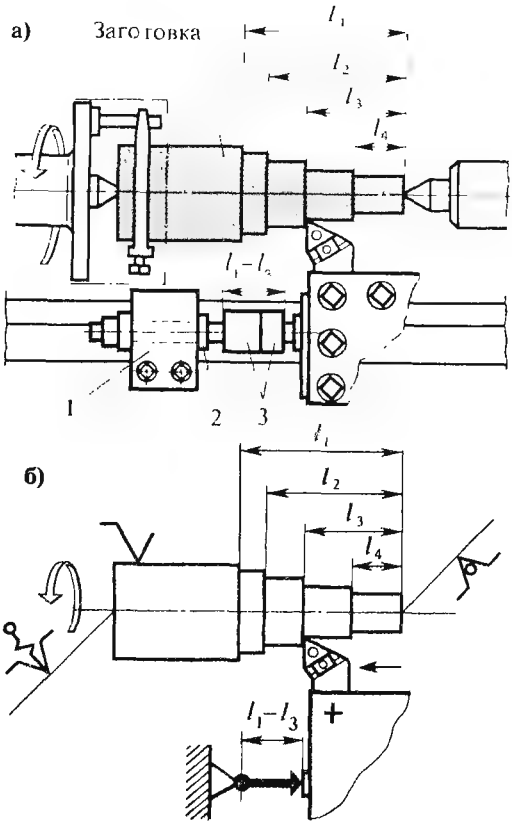
48 НЕПОДВИЖНЫЙ ПРОДОЛЬНЫЙ УПОР К ТОКАРНОМУ СТАНКУ 16К20:

1 — корпус упора, 2 — прижимная планка, 3 — зажимной винт, 4 — регулировочный винт



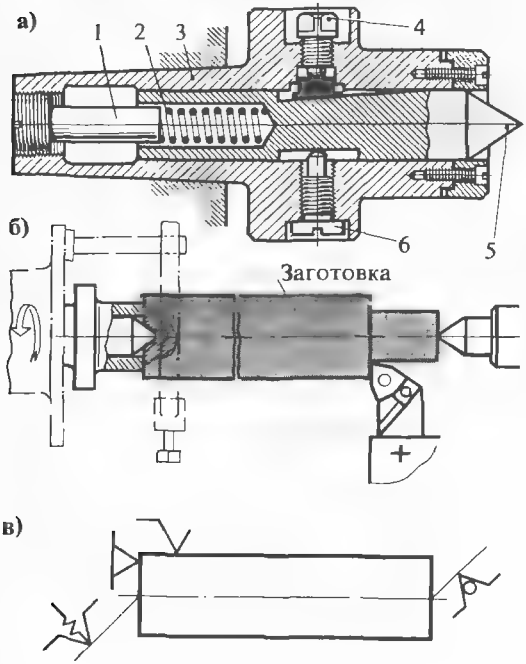
49 ОБТАЧИВАНИЕ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛА ПО УПОРУ С ДЛИНООГРАНИЧИТЕЛЯМИ (*а*), СХЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ (*б*):

1 — упор, 2 — регулировочный винт, 3 — мерные плитки — длиноограничители



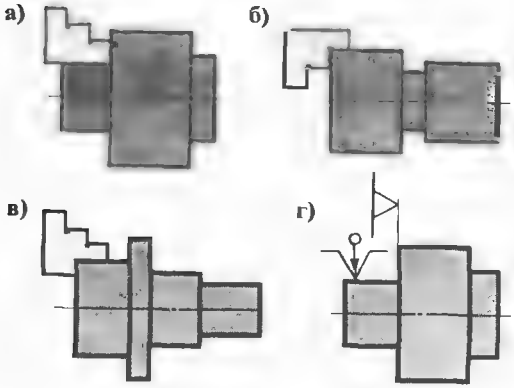
50 ПЛАВАЮЩИЙ ЦЕНТР:

а — устройство, б — применение (базирование на левый торец заготовки при помощи плавающего центра), в — схема обозначения. 1 — упорный винт, 2 — пружина, 3 — корпус, 4 — винт-стопор, 5 — центр, 6 — винт-шпонка



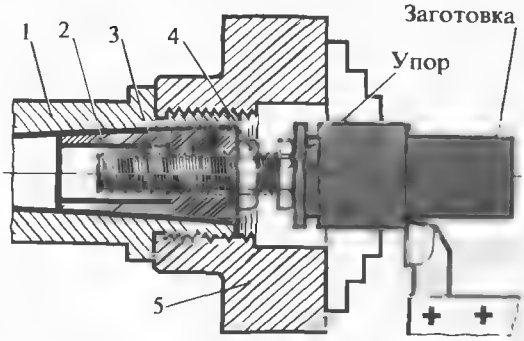
51 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУЛАЧКОВ В КАЧЕСТВЕ УПОРОВ:

а — упор в кулачок, б — упор в уступ кулачка, в — упор в выточку (для «сырых» кулачков), г — схема обозначения



52 ВНУТРЕННИЙ УПОР:

1 — шпиндель, 2 — конусная втулка, 3 — винт упора, 4 — контргайка, 5 — патрон



го (шпиндельного) упора (рис. 52). Рабочий торец винта внутреннего упора подрезают непосредственно на станке при затянутой контргайке: это обеспечивает его перпендикулярность к оси шпинделя.

Постоянство диаметров ступенчатых валов партии достигается при помощи поперечных упоров: неподвижный поперечный упор закрепляют на каретке суппорта, а подвижный — на поперечных салазках (рис. 53). Пример наладки токарного станка на работу с поперечным упором и длиноограничителями при обработке ступенчатой заготовки приведен на рис. 54 *а—г*.

В табл. 2 приведены виды, причины и меры предупреждения брака при обтачивании наружных цилиндрических поверхностей.

Если брак исправим, т. е. на поверхности заготовки осталась часть металла припуска, то после соответствующей регулировки повторяют чистовой проход. При обработке партии заготовок после обработки пробной детали ее контролируют, устанавливают и устраняют причины брака, затем приступают к обработке всей партии.

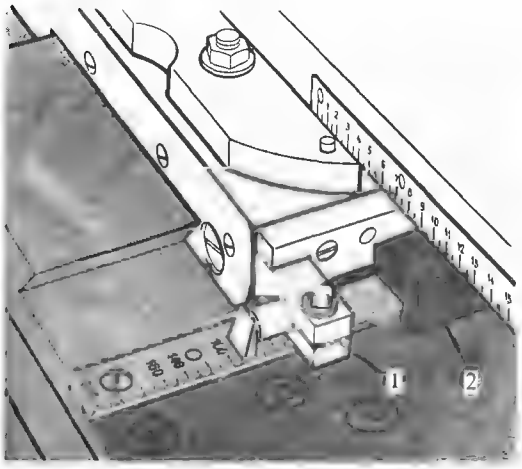
Таблица 2

Брак при обтачивании наружных цилиндрических поверхностей и меры его предупреждения

Причины брака	Меры предупреждения
Часть поверхности осталась необработанной	
Недостаточный припуск на обработку	Проконтролировать размеры заготовок, сопоставив их с размерами в чертеже
Неправильно выполнено центрование: центровые отверстия смещены от оси заготовки	Проверить у сомнительных заготовок расстояние от оси центрового отверстия до периферии торца
Заготовка закреплена в патроне с недопустимым биением	При закреплении добиваться минимального биения заготовки
Неправильные размеры обточенной поверхности	
Ошибка измерения при снятии пробной стружки	Тщательно измерять заготовку при пробных проходах
Перед установкой размера по лимбу не был выбран люфт	Выбирать люфт при пользовании лимбом
Ненадежно закреплены упоры	Надежно закрепить винты упоров
Разное положение заготовок в патроне	Установить шпиндельные упоры
Конусность	
Смещение оси центра задней бабки относительно оси шпиндельного центра	Устранить смещение оси центра задней бабки
Перекос заднего центра вследствие загрязнения конической расточки пиноли задней бабки	Тщательно очистить центр и коническую расточку пиноли задней бабки
Повышенный износ из-за неправильной термообработки быстрорежущего резца или наличия микротрещин в пластинке твердосплавного резца	Заменить резец
Не выбран люфт в поперечных салазках суппорта (отжим салазок)	Выбрать люфт
Ненадежно закреплен резец в резцедержателе (отжим резца)	Надежно закрепить резец в резцедержателе
Резец установлен ниже оси центра станка	Установить резец по оси центра станка
Овальность	
Перекос переднего центра вследствие загрязнения конической расточки шпинделя	Очистить передний центр и расточку шпинделя. Установить передний центр и проверить его индикатором на биение
Биение шпинделя вследствие износа его подшипников или ослабления регулировочной гайки	Поставить в известность мастера. Вызвать дежурного слесаря, устранить биение шпинделя
	Применить проходной упорный резец
Бочкообразность	
Прогиб заготовки под действием отжимающего усилия резца	Уменьшить глубину резания и подачу
Износ средней части станины, вследствие чего резец становится ниже центра	Шабрить направляющие станины
Седлообразность (меньший диаметр со стороны передней бабки)	
Резец «втягивается» в заготовку, так как слишком большой передний угол резца, резец затупился или ненадежно закреплен в резцедержателе	Заменить или переточить резец. Затянуть болты резцедержателя
Седлообразность (меньший диаметр со стороны задней бабки)	
Заготовка отжимается резцом вследствие большого вылета и ненадежного закрепления пиноли	Уменьшить вылет пиноли. Надежно закрепить пиноль
Повышенная шероховатость обработанной поверхности	
Плохая заточка резца	Заточить резец и довести режущую кромку
Низкая обрабатываемость (вязкая сталь, закаленная сталь и др.)	Обратить внимание технолога и ОТК на необходимость термообработки заготовок с целью улучшения обрабатываемости
Резец установлен ниже оси центра станка	Установить резец по оси центра станка

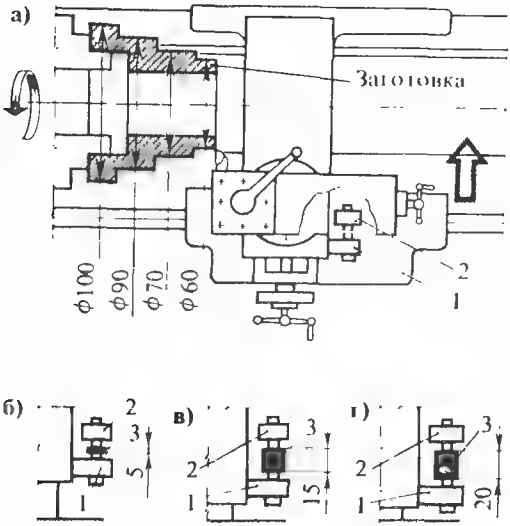
53 ПОПЕРЕЧНЫЕ УПОРЫ СТАНКА 16К20:

1 — неподвижный на каретке, 2 — на поперечных салазках суппорта



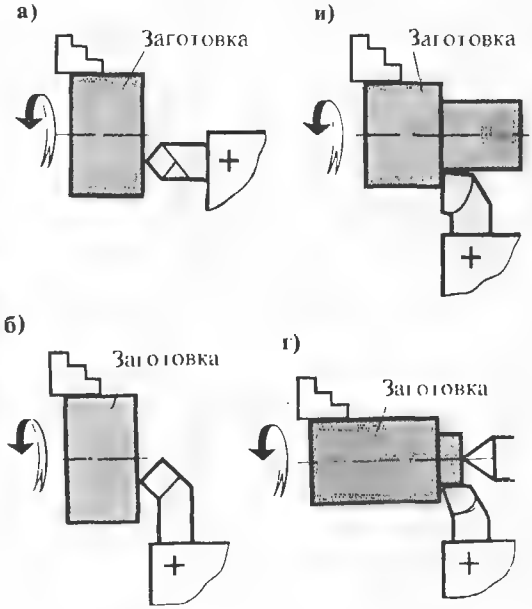
54 ОБРАБОТКА СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА ПО ПОПЕРЕЧНОМУ УПОРУ С МЕРНЫМИ ОГРАНИЧИТЕЛЯМИ ДИАМЕТРА:

настройка для обтачивания ступеней: а — ф 60, б — ф 70, в — ф 90, г — ф 100, 1 — упорный винт поперечных салазок суппорта, 2 — неподвижный упор на каретке, 3 — мерная плитка— ограничитель диаметра



55 ПОДРЕЗАНИЕ ТОРЦОВ РЕЗЦАМИ:

а — прямым проходным, б — отогнутым проходным, в — проходным упорным, г — подрезным (торцовым)



§ 18. Обработка плоских торцовых поверхностей и уступов

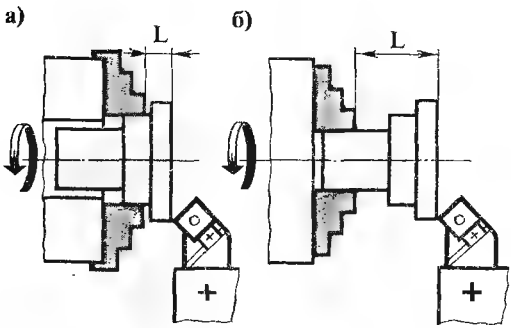
К плоским торцовым поверхностям и уступам предъявляются следующие основные требования: плоскостность, т. е. отсутствие выпуклости или вогнутости; перпендикулярность к оси; параллельность плоскостей уступов или торцов между собой.

Перед обработкой торцовых плоскостей заготовки закрепляют теми же способами, что и при обработке наружных цилиндрических поверхностей. На рис. 55, *а, б, в* показана обработка торцов при закреплении заготовок в патроне, а на рис. 55, *г*—в патроне с поджимом задним центром. При закреплении в патроне вылет заготовки должен быть по возможности минимальном (рис. 56, *а, б*).

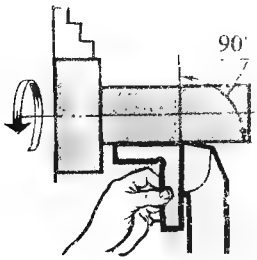
Для подрезания торцов и уступов применяют резцы: проходной прямой (см. рис. 55, *а*), проходной отогнутый (см. рис. 55, *б*), проходной упорный (см. рис. 55, *в*), а также специальный подрезной (торцовый) (см. рис. 55, *г*).

56 ВЫЛЕТ ЗАГОТОВКИ ИЗ ПАТРОНА ПРИ ПОДРЕЗАНИИ ТОРЦА:

а — правильный, б — неправильный; L — вылет заготовки

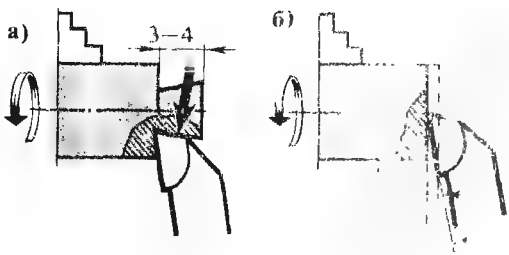


57 КОНТРОЛЬ УСТАНОВКИ УПОРНОГО РЕЗЦА УГОЛЬНИКОМ



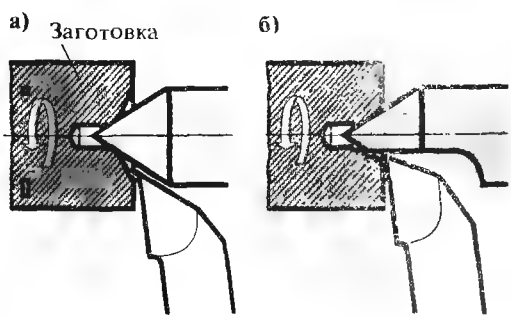
58 ПОДРЕЗАНИЕ ТОРЦА ПРИ ПОПЕРЕЧНОЙ ПОДАЧЕ УПОРНОГО РЕЗЦА:

а — подача к центру при большом припуске; б — подача от центра при малом припуске



59 ПОДРЕЗАНИЕ ТОРЦА ЗАГОТОВКИ, ЗАКРЕПЛЕННОЙ В ЦЕНТРАХ

а — при зацентровке с фаской; б — при



Невысокие уступы подрезают проходным упорным резцом при продольной подаче, причем подрезание уступа обычно совмещают с обтачиванием наружной поверхности (см. рис. 55, *в*). Режущая кромка резца в этом случае должна располагаться перпендикулярно оси заготовки, что контролируют угольником (рис. 57).

Торец подрезают упорным резцом при поперечной подаче с установкой режущей кромки под небольшим углом (5—10°) к торцовой поверхности (рис. 58, *а*, *б*). Если при подрезании торца проходным упорным резцом приходится срезать большой припуск, то подача в направлении к центру вызывает отжимающую силу (черная стрелка), углубляющую резец в торец, в результате чего торец может получиться вогнутым (рис. 58, *а*). Чтобы этого не произошло, срезают большую часть припуска несколькими проходами с продольной подачей, а чистовой проход выполняют поперечной подачей от центра (рис. 58, *б*).

На рис. 59, *а*, *б* показаны методы подрезания торца заготовки при закреплении ее в патроне с поджимом задним центром. Для обеспечения подрезания центрование выполняют с дополнительной фаской (тип *В*, см. рис. 29) или применяют специальный срезанный опорный неподвижный центр.

Плоскостность торца после подрезания проверяют прикладыванием к нему ребра линейки или угольника. Перпендикулярность торца к наружной поверхности определяют угольником.

Брак при обработке торцовых поверхностей и меры его предупреждения приведены в табл. 3.

2—143

Таблица 3

Брак при обработке торцовых поверхностей и меры его предупреждения

Причины брака	Меры предупреждения
1	2
Часть поверхности осталась необработанной	
Недостаточный припуск на обработку	Заменить заготовку другой с большим припуском
Заготовка установлена в патроне с перекосом	Тщательно выверять заготовку перед закреплением, устранять биение по торцу
Положение торца или уступа относительно других поверхностей неточно	
При пользовании лимбом продольной подачи не выбран люфт	Выбирать люфт при работе по лимбу
Несвоевременно выключена автоматическая подача	Выключать автоматическую подачу за 2—3 мм до контрольной риски и доводить резец до риски ручной подачей суппорта
Работа ведется по продольному упору, но заготовка не упирается в уступы кулачков или шпиндельный упор и имеет осевое смещение	Установить шпиндельный упор. Надежно закрепить заготовку, не допуская осевого смещения
Неперпендикулярность торцовой поверхности к оси детали	
Отжим резца из-за люфтов в направляющих поперечных салазок суппорта	Подтянуть клинья поперечных салазок суппорта
Отжим резца вследствие большого вылета	Уменьшить вылет резца

§ 19. Контроль наружных цилиндрических поверхностей

Для контроля точности выполняемых наружных размеров применяют различные измерительные инструменты.

Контроль с точностью до 0,1 мм или 0,05 мм производится штангенциркулем ШЦ-I или ШЦ-II (рис. 60, *а*).

Для измерения с точностью до 0,01 мм применяют микрометры (рис. 60, *б*), которые имеют пределы измерения 0—25, 25—50, 50—75, 75—100, 100—150, 150—200, 200—300 мм.

Точное измерение наружных поверхностей (до 0,01 мм) производят также индикаторной скобой. Предварительно индикаторную скобу настраивают на номинальный размер по мерным плиткам, а при замерах стрелка показывает на шкале отклонение от номинального размера (рис. 60, *в*).

В условиях изготовления больших партий деталей размеры контролируют предельными калибрами. Для контроля наружных поверхностей применяются калибры-скобы (рис. 60, *г*). Размер считается правильным, если проходная ПР сторона скобы свободно находит на измеряемую поверхность, а непроходная сторона НЕ — не находит.

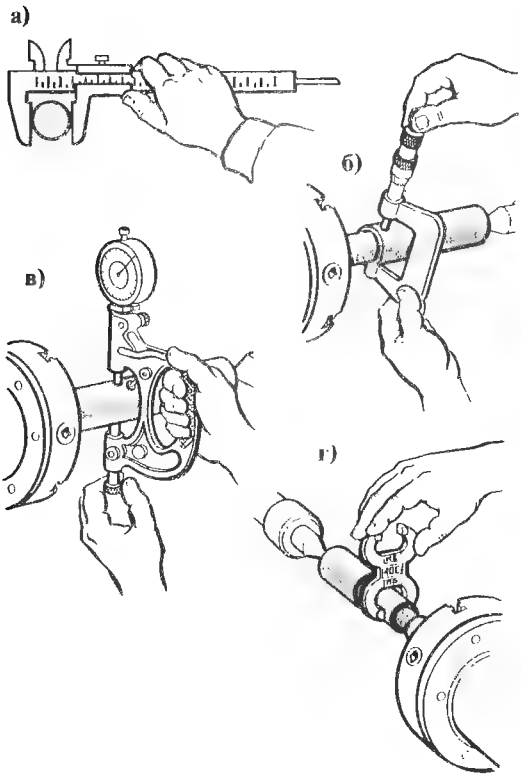
§ 20. Протачивание наружных канавок и отрезание

Назначение и формы канавок. На наружных поверхностях деталей часто протачивают канавки; в конце резьбового участка для выхода резьбонарезного инструмента, для установки стопоров, для размещения колец и т. д. Канавки контролируют глубиномером штангенциркуля ШЦ-I, штангенглубиномером или шаблоном (рис. 61, *а*, *б*).

Особенности прорезных и отрезных резцов. Канавки протачивают прорезными (канавочными) резцами (рис. 62), а отрезание выполняют отрезными резцами (рис. 63). На рабочей части прорезного и отрезного резца имеется режущая кромка и две вспомогательные кромки, причем каждая вспомогательная кромка расположена по отношению к направлению поперечной подачи под небольшим вспомогательным углом в плане $\varphi_1 = 1 \div 2°$

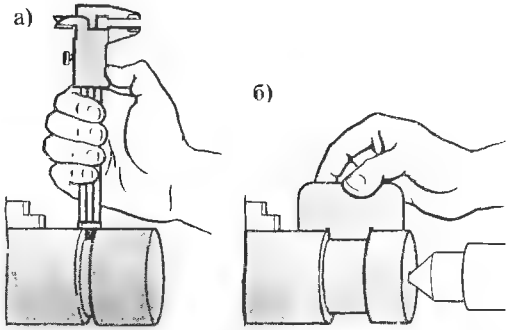
60 КОНТРОЛЬ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА

а — штангенциркулем, б — микрометром, в — индикатором-скобой, г — калибром-скобой

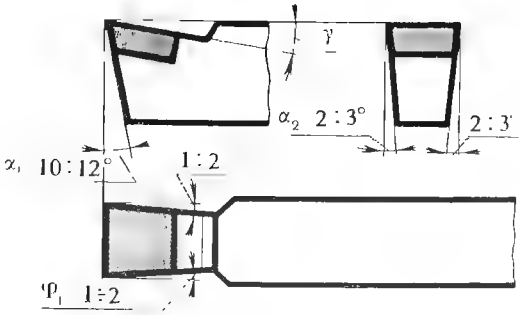


61 КОНТРОЛЬ ГЛУБИНЫ КАНАВКИ:

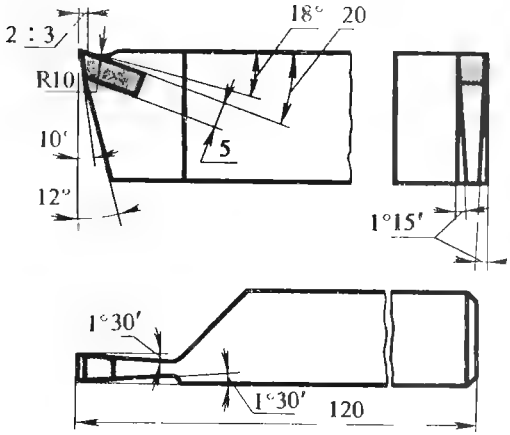
а — глубиномером штангенциркуля ШЦ-I, б — шаблоном



62 ПРОРЕЗНОЙ (КАНАВОЧНЫЙ) РЕЗЕЦ



63 ОТРЕЗНОЙ ТВЕРДОСПЛАВНЫЙ РЕЗЕЦ



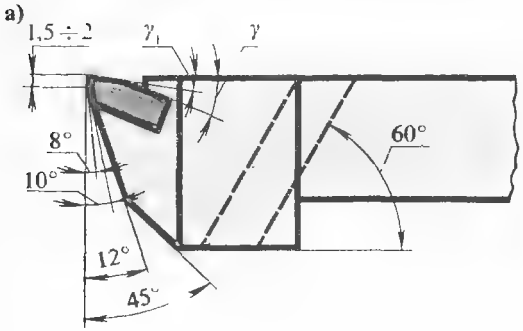
и, кроме того, головка резца сужается к подошве ($\alpha_1 = 2 \div 3°$). Это уменьшает трение вспомогательных задних поверхностей резца о стенки прорезанной канавки.

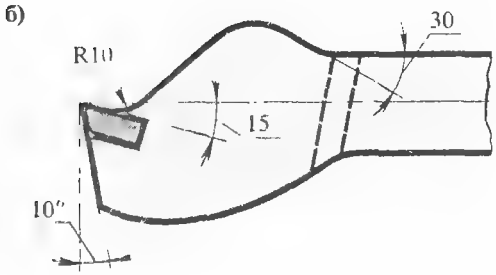
Отрезные резцы служат для отрезания готовой детали от заготовки либо для разрезания заготовки на части. Отрезной резец отличается от прорезного более длинной головкой. Для увеличения прочности головки резца и предотвращения поломки ее применяют усиленные конструкции отрезных резцов: с увеличенной высотой головки («петушок») и с расположением режущей кромки на уровне оси державки (рис. 64, *а*, *б*).

Ширина режущей кромки отрезного резца зависит от диаметра обрабатываемой заготовки и составляет 3 ÷ 8 мм.

64 УСИЛЕННЫЕ ОТРЕЗНЫЕ РЕЗЦЫ:

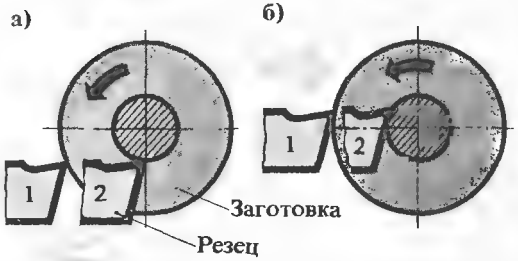
а — с увеличенной высотой головки («петушок»), б — с положением режущей кромки на уровне оси державки





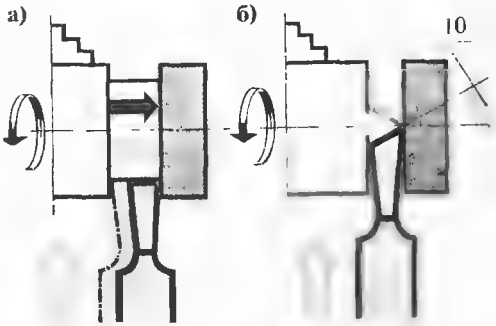
65 ПОЛОЖЕНИЕ ОТРЕЗНОГО РЕЗЦА В КОНЦЕ ОТРЕЗАНИЯ:

а — при установке резца выше центра, б — при установке резца ниже центра. 1, 2 — положения резца



66 СХЕМЫ ОТРЕЗАНИЯ:

а — «вразбивку», б — резцом со скошенной режущей кромкой



При выполнении отрезных работ необходимо выполнять следующие правила:

резец устанавливать точнее по оси заготовки: если режущая кромка ниже центра, то при приближении резца к оси образуется стерженек (рис. 65, *а*); при установке выше центра резец, приближаясь к оси заготовки, может упереться задней поверхностью в остающийся стерженек (рис. 65, *б*);

державку прямого отрезного резца устанавливать строго перпендикулярно к оси заготовки, чтобы боковая поверхность головки резца не терлась о стенки прорезаемой канавки;

отрезание выполнять ближе к кулачкам патрона, расстояние места отрезания от кулачков патрона должно быть 3—5 мм;

в отдельных случаях отрезание или разрезание твердых заготовок выполнять «вразбивку», т. е. с небольшим продольным перемещением резца на 1—2 мм в обе стороны, что предотвращает забивание прорезаемой канавки стружкой и облегчает процесс резания (рис. 66, *а*);

при отрезании заготовок большого диаметра резец не доводить до оси заготовки, так как под действием собственной массы отрезаемая часть заготовки может начать отламываться раньше, чем режущая кромка дойдет до оси, и возможно защемление резца в прорезанной канавке. Выводить резец из канавки, не доводя режущую кромку на 2—3 мм до оси, а затем, остановив станок, отломить отрезаемую часть;

при отрезании заготовок небольшого диаметра, когда к торцу изготовляемой детали предъявляются невысокие требования, применять отрезные резцы со скошенной режущей кромкой (рис. 66, *б*). Торец отрезанной заготовки при этом получается относительно чистым и не требуется чистового подрезания;

тяжелые отрезные работы (большой диаметр, твердый материал) выполнять с обратным вращением шпинделя изогнутым отрезным резцом, режущая кромка которого расположена снизу (рис. 67). При этом методе стружка не задерживается на резце и под действием собственной массы падает в корыто. Кроме того, выступы или твердые включения, ударяя о резец, вызывают некоторый отжим изогнутой державки, что амортизирует удар и предохраняет резец от поломки;

если обрабатывается партия заготовок и протачивание канавки или отрезание являются самостоятельными работами (операциями), то каретку суппорта закреплять на станине, а клинья суппорта подтягивать, что предотвращает вибрации и уменьшает опасность поломки отрезного резца;

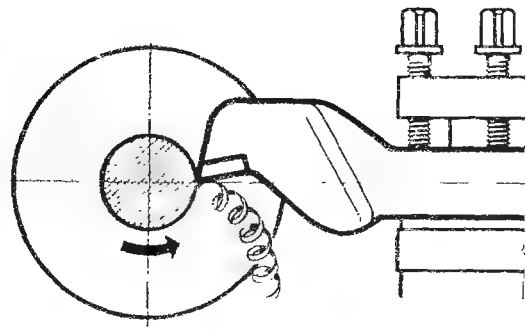
для облегчения соблюдения заданной длины отрезанной части при отрезании заготовок от прутка каретку суппорта устанавливать с таким расчетом, чтобы отрезной резец находился на расстоянии 5—6 мм от торца патрона. Пруток выдвигать из патрона до соприкосновения с откидным упором, закрепленным в задней бабке (рис. 68, *а*). Для этой же цели служит упор, укрепленный в резцедержателе (рис. 68, *б*); после установки прутка упор отвести в сторону.

Режимы резания при отрезании. Подача при отрезании принимается меньшей, чем при наружном обтачивании или подрезании торца. Так, при отрезании заготовок (деталей) диаметром до 60 мм рекомендуется подача 0,1—0,15 мм/об, при больших диаметрах до 0,3 мм/об. Скорость резания при отрезании на 15—20% меньше, чем при наружном точении.

Отрезание происходит в более тяжелых условиях, чем обтачивание, так как резец как бы заклинивается в прорезаемой канавке, что вызывает значительное трение между поверхностями резца и детали. Поэтому при отрезании стальных деталей в качестве СОЖ применяют минеральное масло или сульфофрезол.

Брак при протачивании канавок и отрезании и меры его предупреждения приведены в табл. 4.

67 ОТРЕЗНОЙ РЕЗЕЦ, РАБОТАЮЩИЙ ПРИ ОБРАТНОМ ВРАЩЕНИИ ШПИНДЕЛЯ



68 ПРИМЕНЕНИЕ ОТКИДНЫХ УПОРОВ ПРИ ОТРЕЗАНИИ:

а — закрепленного в пиноли задней бабки; б — закрепленного в резцедержателе; 1 — упор; 2 — [illegible]; 3 — [illegible] заготовки; [illegible]

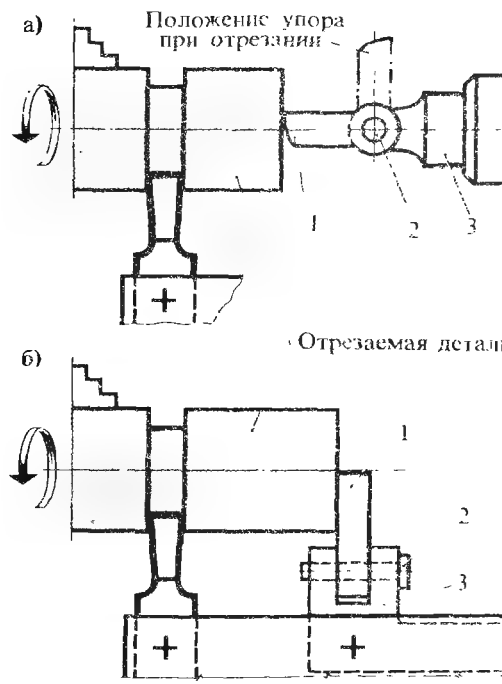


Таблица 4

Брак при протачивании канавок и отрезании и меры его предупреждения

Виды брака	Причины	Меры предупреждения
Неточный размер канавки по ширине	Неточность ширины мерного резца Неточность контроля при протачивании канавки «в разбивку» или последовательным врезанием	Правильно заточить широкий резец, а узкий резец заменить Предварительно прорезать контрольные риски, ограничивающие ширину канавки. Применить упоры с обеих сторон суппорта, ограничивающие «разбивку»
Неточность размера канавки по глубине	Ошибка при отсчете числа делений по лимбу Не выбран люфт винта поперечного суппорта Резец «самозатягивается в деталь»	Тщательный контроль глубины канавки шаблоном или глубиномером Выбрать люфт Переточить резец (уменьшить передний угол) Надежно закрепить резец
Боковые стороны канавки неперпендикулярны к оси детали	Резец установлен неперпендикулярно к оси детали Резец имеет малые вспомогательные углы в плане	Проверить установку резца Правильно заточить резец
Не выдержано расположение канавки относительно торца или уступа детали	Неточность установки резца по упору	Проверить установку резца и упора
Захват резцом стружки чрезмерно большой толщины (подрыв)	Большой люфт между винтом и гайкой поперечного суппорта Биение шпинделя	Отрегулировать люфт Вызвать дежурного слесаря для регулирования переднего подшипника
Повышенная шероховатость поверхностей канавки	Вибрация резца из-за большой его ширины или большого вылета	Работать более узким резцом, протачивать канавки в разбивку или использовать более жесткий резец

Контрольные вопросы

1. **Какие требования предъявляются к цилиндрическим поверхностям?**
2. **Назовите основные части трехкулачкового самоцентрирующего патрона.**
3. **Для чего применяются и как устроены жесткие и вращающиеся центры?**
4. **Какие резцы применяются для обработки наружных цилиндрических поверхностей?**
5. **Назовите виды и меры предупреждения брака при обтачивании наружных цилиндрических поверхностей.**
6. **Для чего предназначен и как устроен плавающий центр?**
7. **Как и чем контролируют наружные поверхности?**

Глава III
Технологический процесс токарной обработки

§ 21. Элементы технологического процесса

При изготовлении различных деталей обтачивание, подрезание торцов и уступов, прорезание канавок и отрезание выполняются обычно комплексно, в определенной последовательности.

Например, при изготовлении из прутковой заготовки детали «палец» (рис. 69) принята такая последовательность.

Проходным отогнутым резцом *I* подрезают торец. Резцом *II* (проходным упорным) обтачивают наружные поверхности $\varnothing 32$ и $\varnothing 25$, резцом *III* (канавочным) протачивают канавку шириной 3 мм, резцом *I* снимают фаску $2 \times 45°$ и отрезают деталь резцом *4*. Затем отрезанную деталь вновь закрепляют в патроне за поверхность $\varnothing 25$, подрезают второй торец и снимают фаску резцом *I*.*

Такая последовательность выполнения различных видов обработки, направленная на превращение заготовки в готовую деталь, составляет технологический процесс. «Технологический процесс — это часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства.» (ГОСТ 3.1109—73).

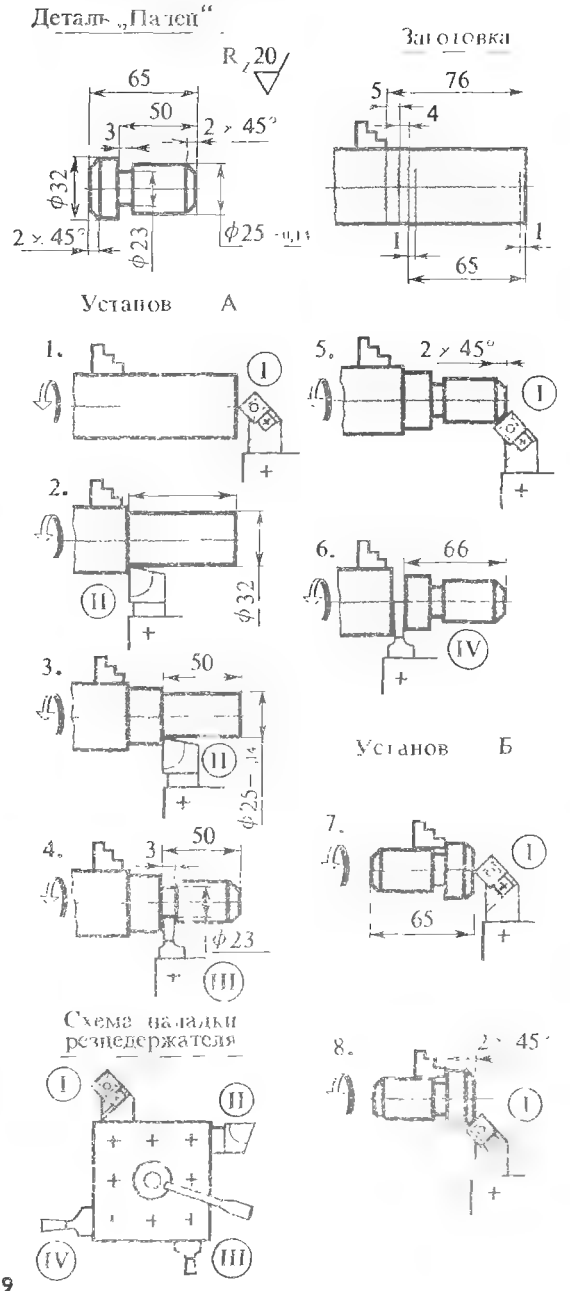
Законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте, называется операцией. После снятия детали со станка и закрепления новой заготовки начинается новая операция.

В приведенном примере технологический процесс обработки заготовки детали «палец» состоит из одной токарной операции. Так как выполнялось два закрепления детали (за наружную поверхность прутка и за проточенную поверхность $\varnothing 25$), то считается, что операция выполнялась в два установа. Установ — часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок.

Выполняемые виды обработки (подрезание торца, наружное обтачивание, прорезание канавки

69 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ПАЛЕЦ» В УСЛОВИЯХ ЕДИНИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА (ЗА ОДНУ ОПЕРАЦИЮ):

I—8 — переходы; резцы: I — проходной отогнутый, II — проходной упорный, III — канавочный, IV — отрезной



* Схемы технологических процессов разработаны совместно с канд. пед. наук Б. И. Обшатко

и т. д.) называются технологическими переходами.

Технологический переход — законченная часть технологической операции, характеризуемая постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой.

Таким образом, операция токарной обработки заготовки детали «палец» (см. рис. 69) выполнялась за два установа, причем за первый установ выполнено пять переходов, а за второй установ — два перехода.

Полная обработка заготовки за одну операцию характерна для единичного производства (детали выпускаются в количестве одной или нескольких штук).

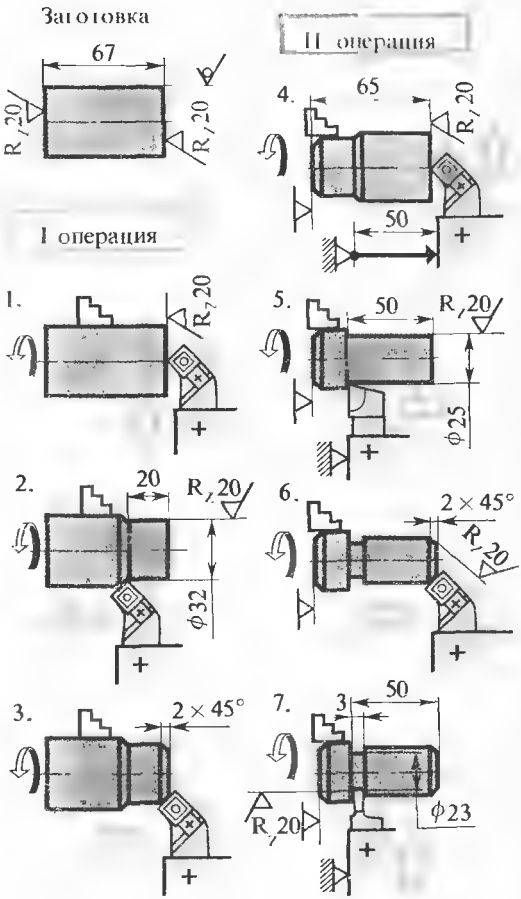
В условиях серийного производства, т. е. при изготовлении детали партиями (или сериями) технологический процесс обработки расчленяют на несколько операций, которые могут выполняться последовательно на одном и том же или на разных станках. К примеру, деталь «палец» (рис. 70) можно изготовить из предварительно нарезанных заготовок за две операции, причем каждая операция производится с наладкой станка до упора.

В условиях массового производства, т. е. когда такие детали производятся в больших количествах и на протяжении длительного времени, деталь «палец» целесообразно изготовлять на токарном автомате.

При большом припуске на обработку переход расчленяют на несколько рабочих ходов (проходов). Рабочий ход — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы размеров, шероховатости или свойств заготовки.

70 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ПАЛЕЦ» В УСЛОВИЯХ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА (ЗА ДВЕ ОПЕРАЦИИ):

1—7 — переходы



§ 22. Заготовки деталей и припуски на обработку

Заготовкой называется «предмет производства, из которого путем изменением формы, размеров, шероховатости и свойств материала изготовляют деталь» (ГОСТ 3.1109—73). Заготовки производят в литейных цехах (отливки), кузнечных цехах (способом свободной ковки, поковки-штамповки) или в заготовительных — нарезают из проката. Способ производства заготовок зависит от конструктивных требований к деталям и вида производства.

Слой металла заготовки, подлежащий отделению для получения детали, согласно чертежу, называется припуском.

Различают общий припуск, т. е. весь срезаемый слой, и операционный припуск, т. е. слой, срезаемый на данной операции.

Припуск должен быть достаточным для получения заданной формы и размеров детали; слишком малый припуск может привести к браку (по поверхности детали остается «черно-

га» — необработанный участок);
слишком большой припуск приводит к перерасходу металла и повышению трудоемкости обработки.

§ 23. Технологические базы

В примере обработки заготовки детали «палец» (см. рис. 69) заготовку при первой установке закрепляли за наружную поверхность прутка, которая в данном случае является установочной базой. При второй установке установочной базой является обработанная поверхность ⌀ 25. Таким образом, установочной базой называется поверхность, по которой заготовка закрепляется и ориентируется относительно станка и режущего инструмента.

При токарной обработке в качестве установочных баз могут приниматься: наружные поверхности (рис. 71, *а*, *в*), внутренние поверхности (рис. 71, *б*, *г*), торцовые поверхности, центровые отверстия (рис. 72, *а*, *б*). Возможны сочетания двух поверхностей в качестве базовых, например закрепление заготовок в центрах и патроне, базовыми поверхностями при этом являются наружная поверхность деталей и конусная поверхность фаски центрового отверстия (см. рис. 40).

Установочная база, используемая на первой операции, называется черновой базой. Например, наружная поверхность заготовки (см. рис. 69) является черновой базой.

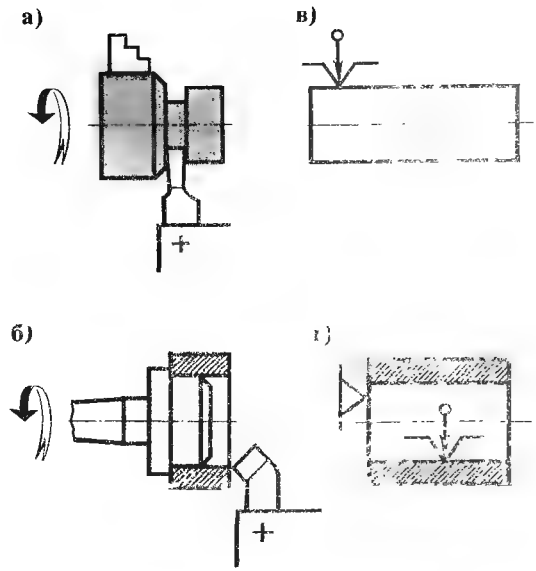
Установочная база, которая образовалась в результате черновой обработки и используется для закрепления заготовки при дальнейшей обработке, называется чистовой базой. Например, обработанная поверхность ⌀ 25 (см. рис. 69) является чистовой базой при установке *Б*.

Установочная база считается основной, если она является поверхностью, которая важна для работы детали в узле. Например, поверхность ⌀ 25 детали «палец» (см. рис. 70) сопрягается с отверстием в узле машины, поэтому она является чистовой основной базой.

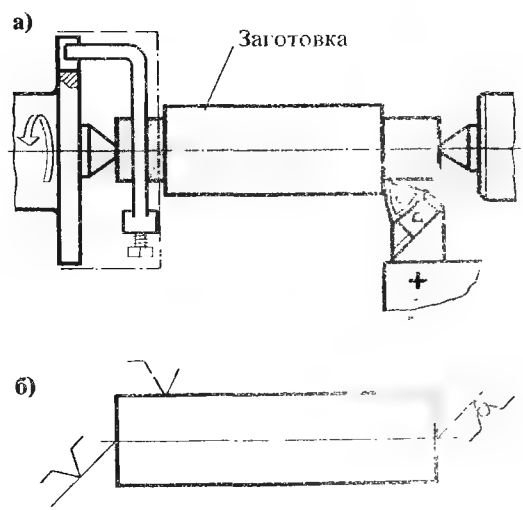
Поверхности, служащие только в качестве установочных баз и не играющие роли в работе детали (чертежом обработка их не предусмотрена), называются вспомогательными базами. Пример вспомогательной базы: центровые отверстия на торцах валов, служащие для установки валов в центрах (см. рис. 72).

71 БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВКИ ПО ПОВЕРХНОСТЯМ:

а — наружной цилиндрической б — внутренней цилиндрической и торцовой, в, г — схемы обозначения



72 БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВКИ ПО ЦЕНТРОВЫМ ОТВЕРСТИЯМ (*а*). СХЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ (*б*)



В отдельных случаях применяются так называемые «фиктивные» базы – специальные детали, закрепляемые на заготовке и служащие для ее базирования при обработке. Например, для крепления трубчатых заготовок применяют насадной бугель (рис. 73).

Поверхности обрабатываемой заготовки, от которых производится отсчет размера, называются измерительными базами. Так, для измерения размера 50 мм детали «палец» (см. рис. 69) измерительной базой является торец детали.

Установочные и измерительные базы называются технологическими базами. При выборе баз руководствуются правилом единства баз: установочная и измерительная базы должны по возможности являться одними и теми же поверхностями. Соблюдение этого правила обеспечивает высокую точность обработки.

При выборе технологических баз учитывают также следующие правила:

за черновую установочную базу принимают ту поверхность, которая в дальнейшем не подлежит обработке, или размер ее задан с наибольшим допуском. Соблюдение этого правила исключает возможность брака при дальнейшей обработке. Например, деталь, изображенная на рис 74, могла бы на первой операции базироваться по поверхности *1* ⌀120 или по поверхности *2* ⌀65. Заготовка-штамповка может иметь некоторые смещения осей ступеней *1* и *2*. Поэтому, если за базу взять поверхность *2*, которая подлежит в дальнейшем обработке на ⌀55 C_3 с точностью по кл. 3 и 6-му классу шероховатости $\overset{2,5}{\nabla}$, то ось обрабатываемого от этой базы отверстия ⌀30 может оказаться смещенной от оси ступени *1* (⌀120) и исправить погрешность невозможно, так как поверхность ⌀120 обработке не подлежит, т. е. припуск на обработку не предусмотрен

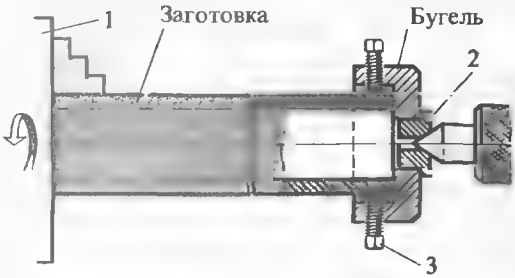
Если принять за базу поверхность *1* заготовки (⌀120), то возможная несоосность отверстия ⌀30 и поверхности ⌀55 легко исправима, так как поверхность ⌀55 обрабатывается и имеет припуск на обработку;

в качестве черновой базы принимают поверхность, не имеющую неровностей, уступов и других дефектов, что важно для обеспечения надежности закрепления заготовки.

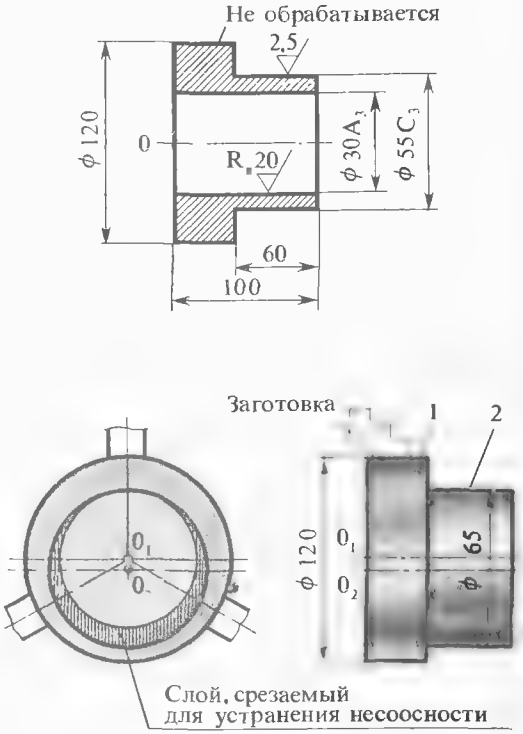
При выборе чистовой базы необходимо соблюдать правило постоянства баз: от одной и той же чистовой базы обрабатывают по возможности большее число поверхностей.

73 ПРИМЕНЕНИЕ БУГЕЛЯ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПУСТОТЕЛОЙ ЗАГОТОВКИ:

1 — патрон, 2 — центрирующая втулка, 3 — винт



74 СХЕМА ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛИ «СТУПЕНЧАТЫЙ ДИСК» ЗА БАЗОВУЮ ПОВЕРХНОСТЬ, КОТОРАЯ В ДАЛЬНЕЙШЕМ НЕ ОБРАБАТЫВАЕТСЯ



§ 24. Технологические документы

Изготовление какого-либо изделия на предприятии подчинено определенному технологическому процессу. Технологический процесс оформляется специальными документами.

В СССР с 1974 г. введена Единая система технологической документации (ЕСТД), по которой установлены основные виды технологических документов.

Маршрутная карта. Документ, содержащий описание технологического процесса изготовления изделия по всем операциям в технологической последовательности, с указанием соответствующих данных по оборудованию, оснастке, материальным, трудовым и другим нормативам.

Операционная карта. Документ, содержащий описание операций технологического процесса изготовления изделий с расчленением операций по переходам и с указанием режимов работы, расчетных норм и трудовых нормативов.

Карта эскизов и схем. Документ, содержащий графическую иллюстрацию технологического процесса изготовления изделия и отдельных его элементов.

Стандарты ЕСТД устанавливают формы бланков технологических документов. В табл. 5 приведена операционная карта второй операции обработки заготовки детали «палец» в условиях серийного производства. Операционная карта оформлена на стандартном бланке, установленном ЕСТД.

§ 25. Правила построения технологического процесса

Построение технологического процесса должно подчиняться определенным правилам.

Правила для единичного производства:

обработку заготовок по возможности выполняют за два установа: сначала с одной стороны (обработка чистовой базы), затем с другой стороны (см. рис. 69);

укрупнять операции, т. е. объединять несколько переходов (см. рис. 69, в установе А - шесть переходов, в установе Б — два перехода).

Правила для серийного производства:

технологический процесс обработки деталей расчленять на несколько простых операций;

для каждой операции предусматривать выполнение продольных размеров по продольному упору или лимбу продольной подачи, а поперечных размеров - по поперечному упору или лимбу винта поперечных салазок суппорта;

на первой операции подготовлять чистовую базу;

на последней операции вначале выполнять переходы, при которых можно пользоваться упорами и лимбами, а затем остальные переходы

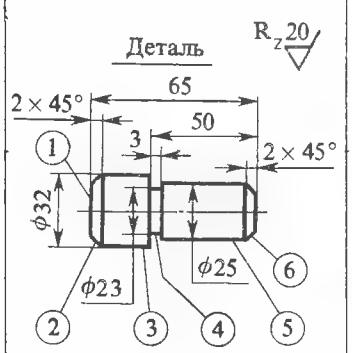
Контрольные вопросы

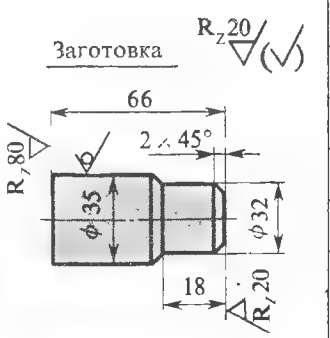
1. **Что такое технологический процесс и из каких элементов он состоит?**
2. **Что такое припуск, из каких соображений назначается припуск на обработку?**
3. **Что такое установочная база, в каких случаях она считается основной и в каких — вспомогательной?**
4. **Назовите правила выбора черновых и чистовых баз.**

Таблица 5

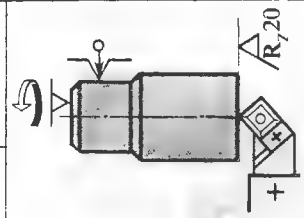
Операционная карта токарной обработки детали «Палец»

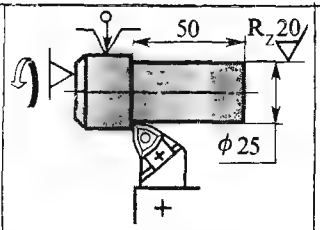
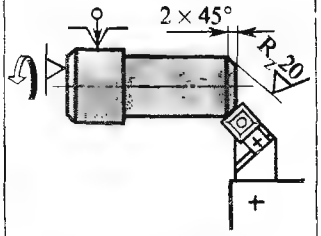
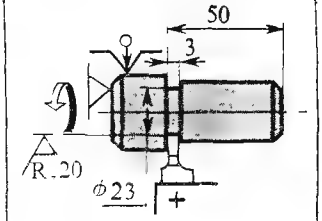
Н-ский механический з-д цех 55	Операционная карта механической обработки	Лит.	Палец	Наименование детали
		O_1	АБВГ 234341.015	Технологический шифр по ГОСТ





Наименование операции			№ операции
токарная			II
Количество деталей в партии			100
Материал — сталь	Марка — сталь 30		$\sigma_в = 60$ кГ/мм²
Станок	16К20	Профессия рабочего	Разряд
Технологические возможности станка: 1. Резцедержатель фиксирует точно. 2. Имеется однопозиционный продольный упор 3. К патрону имеются сырые кулачки.		токарь	3

Установки	Переходы	Содержание установок и переходов	Схемы переходов	Приспособления	Инструмент		Режим резания			
					режущий	измерительный	глубина резания t, мм	подача s, мм/об	скорость резания v, м/мин	частота вращения шпинделя, об/мин
А	—	Установить заготовку в патрон с расточенными кулачками за поверхность ϕ 32, с вылетом 52 мм		Трехкулачковый самоцентрирующий патрон с сырыми кулачками, продольный упор, мерная плитка $l = 50$ мм						
	1	Подрезать торец (поверхность *1*) в размер 65 мм начисто			Проходной резец Т15К6	Штангенциркуль	1 два прохода	0,3	120	305

Подп. и дата 12.05.73		2	Точить поверхность *(3)* ⌀ 25 на длину 50 мм начисто		Трехкулачковый самоцентрирующий патрон с сырыми кулачками, упор	Упорный резец Т15К6	То же	3,5	0,3	120	305
Инв. № дубл. 1690		3	Точить фаску *(6)* 2 × 45 начисто		Трехкулачковый самоцентрирующий патрон с сырыми кулачками	Проходной резец Т15К6	То же	2	—	120	305
Взам. инв. № 236		4	Выточить канавку *(4)* шириной 3 мм, глубиной 1 мм начисто		Трехкулачковый самоцентрирующий патрон с сырыми кулачками, упор	Канавочный резец Т15К6	Шаблон на канавку	3	0,1	120	305

Подп. и дата 25.04.73	Справ. №									Разраб.	Иванов	8.03.73	Лист
		в	—	АБВГ.226		15.12.74				Пров.	Николаев	8.03.73	1
Инв. № подл. 678		б	—	АБВГ 024		11.11.74				Нормир.	Петров	11.03.73	
	Перв. примен.	а	Зам. 2	АБВГ 011		16.09.74							Листов
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп. Дата Н. контр.	Сидоров	4.04.73	3

Глава IV
Обработка цилиндрических отверстий

§ 26. Общие сведения о деталях с отверстиями

Цилиндрические отверстия служат рабочими полостями двигателей, насосов, компрессоров, применяют их для подвода смазки или охлаждающей жидкости. К отверстиям предъявляются различные требования по точности, прямолинейности оси, правильности геометрической формы, шероховатости поверхности и др. По форме цилиндрические отверстия бывают гладкие, ступенчатые и с канавкой; отверстия также могут быть сквозными и глухими (рис. 75, *а* – *д*).

§ 27. Сверла

Сверление – высокопроизводительный способ обработки отверстий, однако обеспечивает невысокую точность размера (до 5 кл.) и шероховатость только до третьего класса ($\frac{R_z 80}{}$).

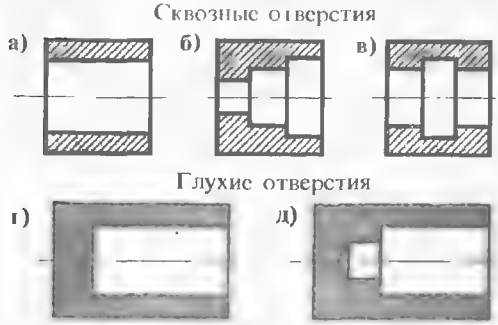
Наиболее распространенным инструментом для сверления является **спиральное сверло**. Сверло состоит из рабочей части, шейки и хвостовика (рис. 76). Часть сверла, на которой расположены две режущие кромки, называется **режущей частью**. Угол между режущими кромками 2φ (для обработки стали и чугуна) обычно составляет 118—120

На рабочей части сверла имеются два спиральных пера, связанные перемычкой. На наружной поверхности перьев прошлифованы узкие направляющие ленточки. Между перьями расположены две спиральные канавки. Одна из стенок каждой канавки образует переднюю поверхность режущего клина сверла. По канавкам к режущим кромкам подается охлаждающая жидкость и по ним же стружка выходит из отверстия. Угол наклона винтовых канавок к оси сверла $\omega = 20 \div 30°$ (рис. 77, *а* – *в*).

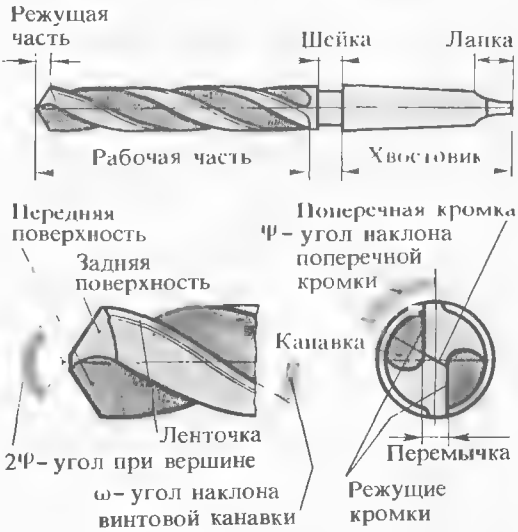
Хвостовик служит для закрепления сверла. Хвостовик может иметь коническую и цилиндрическую форму. Конический хвостовик выполняется по стандарту (конус Морзе № 1, 2, 3, 4, 5).

75 ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ:

гладкие, б – ступенчатые, – с канавкой

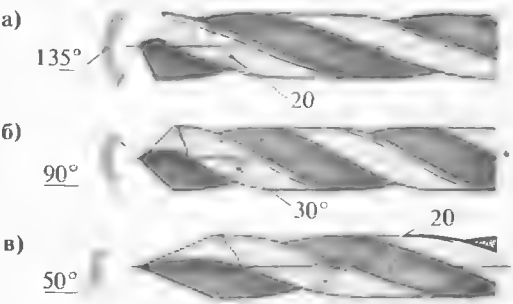


76 ЧАСТИ И ЭЛЕМЕНТЫ СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА



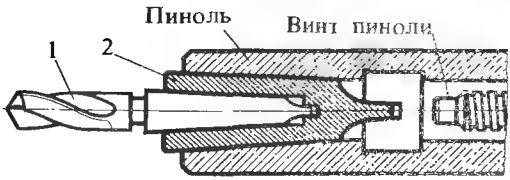
77 СВЕРЛА СО СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАТОЧКОЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ:

а – твердого чугуна и нержавеющей стали, б – мягких сплавов, в – пластмасс



78 ЗАКРЕПЛЕНИЕ СВЕРЛА ПРИ ПОМОЩИ ПЕРЕХОДНОЙ ВТУЛКИ:

1 — сверло, 2 — переходная втулка



Конус хвостовика обеспечивает надежное центрирование сверла и удерживание его от проворачивания. Если конус хвостовика сверла отличается по размеру (номеру) от конусного отверстия пиноли задней бабки, то применяют переходные втулки (рис. 78).

Сверла с цилиндрическими хвостовиками закрепляют в пиноли задней бабки при помощи сверлильных патронов. Простейший кулачковый сверлильный патрон показан на рис. 79, *а*, *б*. В корпусе *2* патрона наклонно расположены три кулачка, имеющие наружную резьбу. На эту резьбу навертывается гайка *4*, связанная с обоймой *3*, которую вращают зубчатым ключом (рис. 79, *в*), вставляемым в отверстие корпуса патрона. При вращении ключа вращается и обойма, а с нею гайка, что заставляет кулачки перемещаться по наклонным гнездам и при этом сходиться, закрепляя сверло, или расходиться, освобождая его.

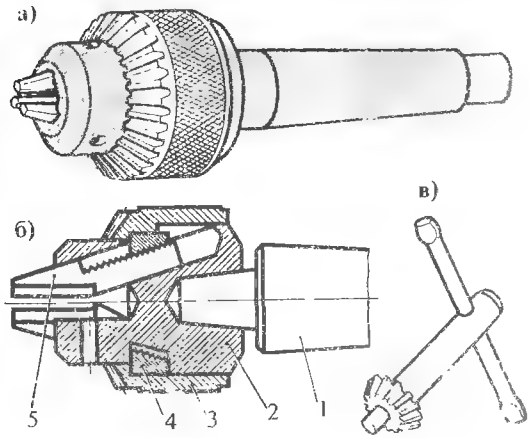
Рабочая часть сверла изготовляется из инструментальной стали, а шейка и хвостовик из конструкционной стали; обе части соединены сваркой.

Для обработки твердых материалов применяют сверла, оснащенные твердым сплавом в виде впаянной пластинки (рис. 80, *а*) или припаянной спиральной коронки (рис. 80, *б*). Твердосплавные сверла диаметром до 8 мм изготовляют цельными и впаивают в стальные хвостовики (рис. 80, *в*).

Высокую стойкость имеют сверла конструкции Овчинникова с внутренним подводом охлаждающей жидкости (рис. 81, *а*, *б*). В каждом пере сверла проходит сквозное отверстие, оба отверстия соединяются в хвостовике, образуя центральный канал. Через специальный патрон жидкость от насоса поступает в хвостовик сверла, затем по каналам к режущим кромкам, охлаждает и принудительно удаляет стружку из отверстия.

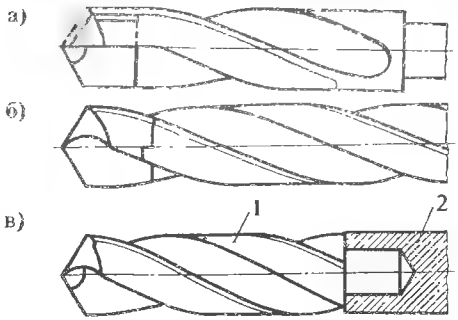
79 ПАТРОН ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ СВЕРЛ:

а — общий вид, б — разрез, в — ключ; 1 — хвостовик, 2 — корпус, 3 — обойма, 4 — резьбовое кольцо (гайка), 5 — кулачок



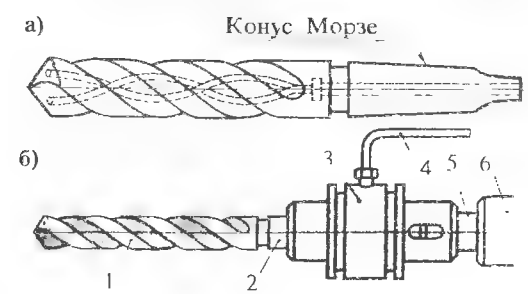
80 ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ СВЕРЛА:

а — цельной пластинкой, б — припаянной к ручке, в — цельное твердосплавное, 1 — рабочая часть, 2 — хвостовик



81 СВЕРЛО ОВЧИННИКОВА С ВНУТРЕННИМИ КАНАЛАМИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ:

а — общий вид, б — закрепление сверла; 1 — рабочая часть сверла, 2 — хвостовик сверла, 3 — патрон, 4 — шланг для подвода охлаждающей жидкости, 5 — хвостовик патрона, 6 — пиноль задней бабки



§ 28. Заточка сверл

При заточке сверла затылкам перьев придают криволинейную форму, что обеспечивает получение задних углов в любом сечении режущих клиньев. Для этого затачиваемое сверло прижимают к абразивному кругу и одновременно вращают. При определенном навыке заточник вручную может обеспечить равенство двух кромок сверла по длине, равенство углов φ, а также постоянство заднего угла α по всей длине режущего клина.

Высокопроизводительная и точная заточка сверл производится на специальных станках, в заточных отделениях. При заточке по схеме, показанной на рис. 82, затылок будет являться участком конической поверхности и условие постоянства заднего угла по всей длине режущего клина будет точно соблюдено.

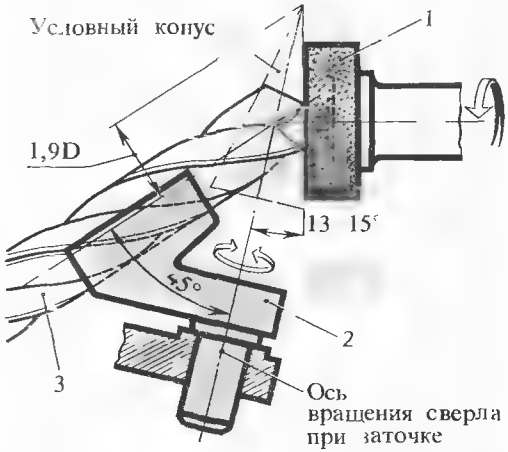
При заточке сверла контролю подлежит угол 2φ, угол 60° на режущей кромке и угол 55° между поперечной кромкой и режущей кромкой, а также длина режущих кромок. Контроль производится комплексным шаблоном (рис. 83, *а—г*).

Рациональная подточка сверл. Для уменьшения резания (крутящего момента и усилия подачи) у сверл диаметром более 15 мм поперечную кромку подтачивают абразивным кругом (форма НП).

Участки режущих кромок на периферии сверла наиболее подвержены износу, так как они работают с самой большой скоростью резания, имеют малую массу, плохо отводят тепло и быстро перегреваются (возможно даже заклинивание сверла в отверстии от перегрева). Для улучшения работы у сверл большого диаметра

82 СХЕМА ЗАТАЧИВАНИЯ СВЕРЛА НА СВЕРЛОЗАТОЧНОМ СТАНКЕ:

1 — заточный круг, 2 — заточное приспособление, 3 — сверло



(диаметр 25 мм и более) увеличивают длину режущих кромок двойной заточкой задних поверхностей. Сочетание двойной заточки с подточкой поперечной кромки (форма ДП) повышает стойкость сверла в два раза. В табл. 6 показаны формы рациональной подточки сверл.

§ 29. Сверление отверстий на токарном станке

При сверлении на токарном станке сверло, закрепленное в пиноли задней бабки, подают вручную, только вращением маховичка (рис. 84).

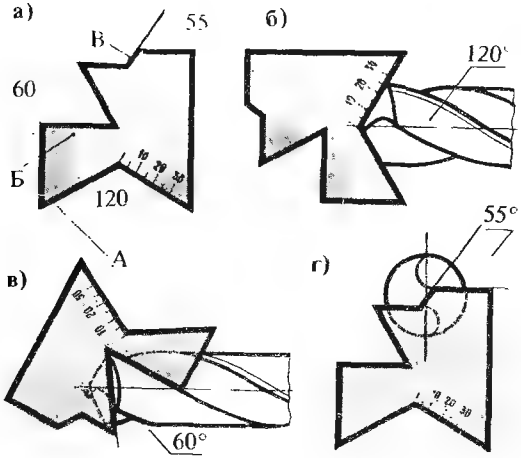
Таблица 6

Формы рациональной подточки сверл

Диаметр сверла, мм	Форма подточки			Обрабатываемые металлы
	Название	Эскиз	Обозначение	
15—25	Одинарная с подточкой перемычки		НП	Стальное литье с $\sigma_в$ до 50 кг/мм² с коркой
25 и более	Двойная с подточкой перемычки		ДП	Стальное литье с $\sigma_в$ более 50 кГ/мм² с коркой; чугун с коркой

83 КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИИ СВЕРЛА КОМПЛЕКСНЫМ ШАБЛОНОМ:

а — шаблон, б — контроль угла 2Ф = 120° и длины режущих кромок, в — контроль угла 60°, г — контроль угла 55°



без каких-либо дополнительных рычагов. Максимальный диаметр сверления, допускаемый станками 1К62 и 16К20, —25 мм по стали и 28 мм по чугуну.

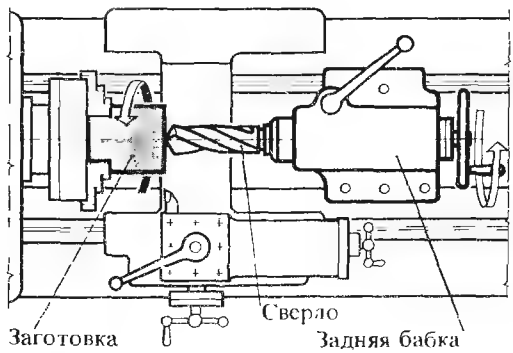
Чтобы сверло не уходило от горизонтальной оси в начале сверления, торец заготовки предварительно засверливают коротким сверлом большего диаметра, чем просверливаемое отверстие (рис. 85).

Важно, чтобы торец заготовки был подрезан, т. е. был перпендикулярен к оси.

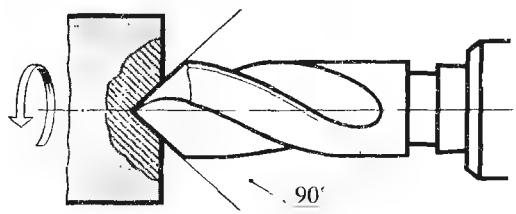
Сверление с подачей сверла вручную мало производительно и утомительно для токаря, особенно сверление отверстий большого диаметра и глубоких отверстий. Некоторые токарные станки (например, 1К62) имеют приспособления для подсоединения задней бабки к каретке суппорта (рис. 86), тогда сверление выполняется механической подачей.

Для механической подачи сверл применяют также специальный держатель, закрепляемый в резцедержателе станка. У станка 16К20 такой дополнительный держатель *1* (рис. 87) устанавливают в ту позицию резцедержателя *5*, которая маркируется символом — рисунком сверла. Совмещение оси сверла с осью шпинделя осуществляется перемещением поперечных салазок суппорта до совпадения визира с риской на каретке и также обозначается символом — рисунком сверла.

84 СВЕРЛЕНИЕ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ ПОДАЧЕЙ ВРУЧНУЮ

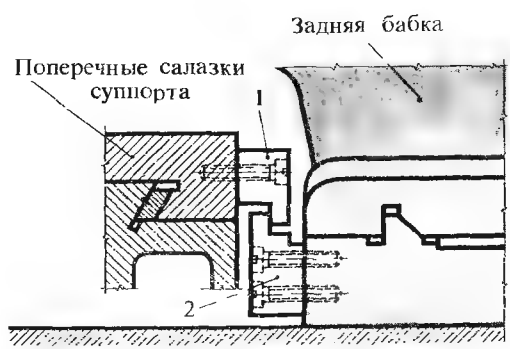


85 ЗАСВЕРЛИВАНИЕ ТОРЦА ЗАГОТОВКИ



86 УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДСОЕДИНЕНИЯ ЗАДНЕЙ БАБКИ К КАРЕТКЕ СУППОРТА:

1 — замочная планка каретки, 2 — замочная планка задней бабки



Отверстия большого диаметра (⌀30 мм и более) сверлят последовательно двумя сверлами: вначале сверлом меньшего диаметра, затем рассверливают. Рассверливание обеспечивает точность не выше 5-го класса и четвертый класс шероховатости поверхности.

Режимы резания при сверлении. Глубиной резания при сверлении является половина диаметра сверла, а при рассверливании — полуразность диаметров отверстия до и после обработки:

$$t_{\text{сверл}} = \frac{D}{2} \text{ мм}; \quad t_{\text{рассаерл}} = \frac{D-d}{2} \text{ мм}.$$

Подача при сверлении — это путь сверла за один оборот заготовки, мм/об.

Фактическая скорость резания v, как и при точении, зависит от диаметра сверла и частоты вращения заготовки:

$$v = \frac{\pi Dn}{1000} \text{ м/мин}.$$

Охлаждающая жидкость при сверлении направляется непосредственно в отверстие.

Длину сверления (глубину отверстия) контролируют в процессе сверления по делениям на пиноли или по меловой риске на сверле. Более точно глубину отверстия контролируют (после остановки станка) глубиномером штангенциркуля ШЦ-I, штангенглубиномером или шаблоном.

Брак при сверлении и меры его предупреждения приведены в табл. 7.

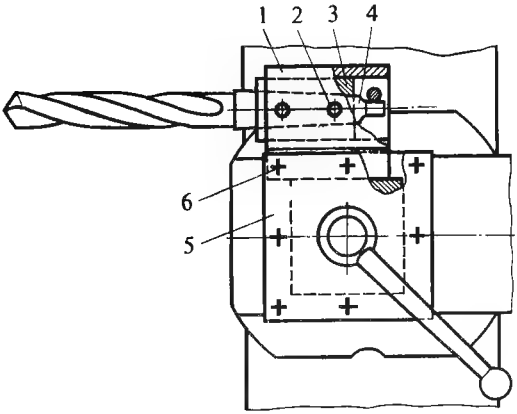
Таблица 7

Брак при сверлении отверстий и меры его предупреждения

Причины	Меры предупреждения
Отверстие «уведено» в сторону от оси	
Неправильно заточено сверло	Переточить сверло, контролировать заточку по шаблонам
Торцовая поверхность детали неперпендикулярна к оси	Обеспечить перпендикулярность торца к оси
Длинное сверло	Произвести предварительное центрование коротким сверлом
В заготовке имеются раковины или твердые включения	Вести сверление с пониженной подачей
Разбивка «диаметра» отверстия	
Неправильно заточено сверло: одна кромка больше другой, неодинаковы углы	Переточить сверло, контролировать заточку по шаблонам
Биение шпинделя станка	Вызвать дежурного слесаря, отрегулировать подшипники шпинделя
Сверло установлено с перекосом по отношению к оси отверстия:	
а) ось пиноли задней бабки не совпадает с осью шпинделя	Добиться соосности задней бабки
б) посадочный конус пиноли или хвостовик сверла загрязнены	Протереть конус пиноли и хвостовик сверла
Неточная глубина отверстия	
Ошибки при контроле глубины сверления	Тщательно контролировать глубину сверления При сверлении с автоматической подачей сверла установить упор
Низкое качество обработанной поверхности	
Затупилось сверло	Заточить сверло
Попадание стружки на ленточки сверла	Периодически выводить сверло из отверстия и очищать щеткой
Недостаточное охлаждение	Увеличить подачу СОЖ. Применить сверло с внутренним подводом СОЖ.
Завышена подача	Уменьшить подачу

87 ДЕРЖАТЕЛЬ ДЛЯ СТЕРЖНЕВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ (СТАНОК 16К20):

1 — держатель, 2 — стопорный винт втулки, 3 — втулка с инструментальным конусным отверстием, 4 — хвостовик инструмента, 5 — резцедержатель, 6 — винт резцедержателя



§ 30. Особенности сверления глубоких отверстий

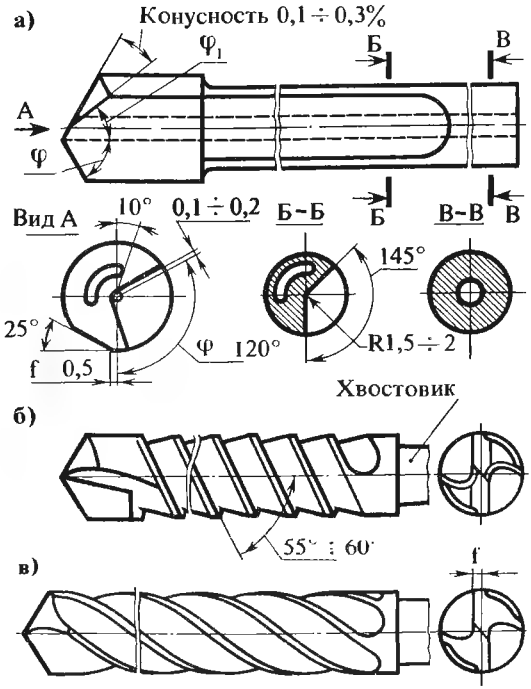
Глубокими называются отверстия, длина которых превышает диаметр в пять и более раз. Глубокими отверстиями являются, например, сквозное осевое отверстие в шпинделе токарного станка, отверстие пиноли задней бабки, осевые отверстия в прогреваемых прокатных валках и др.

Часто к глубоким отверстиям предъявляются высокие требования по прямолинейности оси, по точности формы и размеров. При глубоком сверлении сверлом обычной конструкции неизбежен «увод» сверла в сторону из-за разности радиальных усилий на режущих кромках и это может привести к «разбивке» отверстия (увеличению диаметра), хотя ось отверстия остается прямой.

Поэтому для сверления глубоких отверстий применяют специальные «пушечные» сверла с прямой стружечной канавкой. Сверло хорошо направляется в отверстии благодаря большой поверхности соприкосновения спинки сверла с обработанной поверхностью отверстия (рис. 88, *а*). Охлаждающая жидкость от насоса поступает к режущей кромке через сквозной канал в сверле, охлаждает режущую кромку сверла и принудительно удаляет стружку.

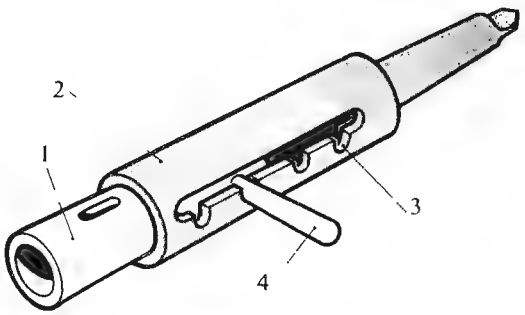
88 СВЕРЛА ДЛЯ ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ:

а — однокромочное («пушечное»), б — шнековое, в — четырехленточное



89 ШТЫКОВАЯ ОПРАВКА ДЛЯ ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ:

1 — пиноль, 2 — корпус с хвостовиком, 3 — прорези в корпусе, 4 — рукоятка пиноли



Применяют также шнековые (рис. 88, *б*) и четырехленточные (рис. 88, *в*) сверла, работающие с минимальным «уводом», благодаря большой поверхности соприкосновения ленточек со стенками отверстия.

При сверлении глубоких отверстий обычными сверлами периодически извлекают сверло из отверстия для очистки от стружки и охлаждения. С целью сокращения времени на ввод и вывод сверла применяют оправку со штыковым затвором (рис. 89).

§ 31. Контроль отверстий

Точность диаметра отверстий контролируют штангенциркулем с точностью отсчета до 0,1 мм или 0,05. При замерах штангенциркулем с точностью до 0,05 мм ШЦ-II учитывают толщину губок *b* (рис. 90, *а*).

Отверстия диаметром ⌀120 мм и выше можно измерять микрометрическим нутромером (штихмасом) с точностью до 0,01 мм (рис. 90, *б*).

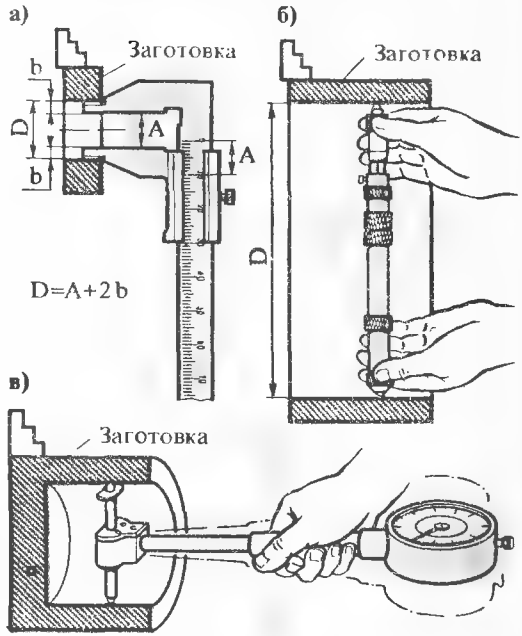
Глубокие отверстия большого диаметра (например, полости цилиндров) контролируют индикаторным нутромером (рис. 90, *в*), который предварительно настраивают на размер по эталонному кольцу или по микрометру. Индикатор показывает отклонение от установленного размера с точностью до 0,01 мм.

В крупносерийном и массовом производстве отверстия контролируют предельными калибрами-пробками (рис. 91, *а*). Если проходная пробка ПР без усилия проходит в отверстие, а непроходная НЕ – не проходит, то размер отверстия находится в пределах допуска. Для контроля отверстий диаметром 80 мм и более применяют срезанные (рис. 91, *б*) и пластинчатые (рис. 91, *в*) пробки. Такие пробки легче, кроме того, ими можно выявлять овальность отверстия, измеряя в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Перед контролем калибром-пробкой полость отверстия очищают от стружки и протирают. Протирают отверстие и контролируют размер только после полной остановки вращения шпинделя. Калибры-пробки хранят в вертикальном положении или укладывают на панель из пенопласта.

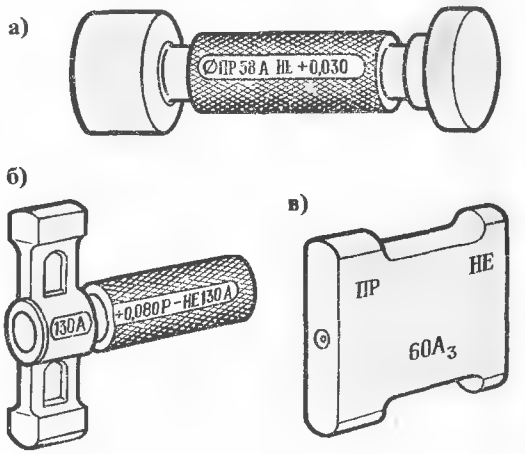
90 КОНТРОЛЬ ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЯ:

а – штангенциркулем с точностью до 0,05 мм, б – микрометрическим штихмасом с точностью до 0,01 мм, в – индикаторным нутромером с точностью до 0,01 мм



91 КАЛИБРЫ-ПРОБКИ:

а – двусторонняя пробка, б – срезанная односторонняя пробка, в – двусторонняя пластинчатая пробка



§ 32. Зенкерование отверстий

Обеспечить высокую точность размеров и малую шероховатость поверхности при обработке отверстий значительно труднее, чем при обработке наружных поверхностей. Эти трудности возрастают по мере увеличения длины и уменьшения диаметра отверстия.

Для повышения производительности и точности при обработке отверстий применяют многолезвийный расточный инструмент — зенкер. Зенкером обрабатывают предварительно просверленные отверстия или отверстия, имеющиеся в отливках или поковках. Зенкерованием получают отверстие с точностью до класса 3а и шестого класса шероховатости (до ∇).

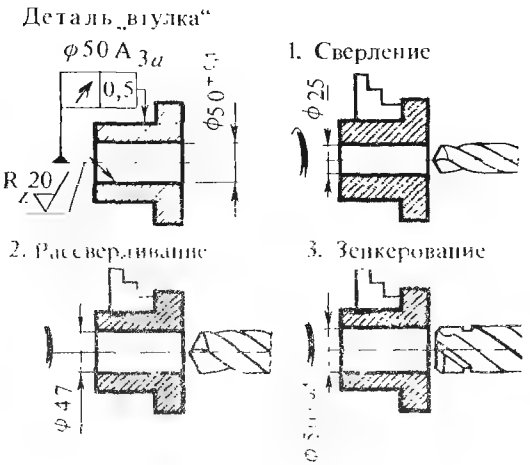
Зенкер не исправляет положение оси отверстия. если до обработки зенкером отверстие имело биение относительно оси, то оно сохраняется и после зенкерования. На рис. 92, *а*, *б* показана технологическая последовательность обработки отверстия $\varnothing 50\ A_{3a}$.

Зенкеры бывают: хвостовые и насадные, цельные (монолитные) и сборные со вставными ножами, быстрорежущие и твердосплавные (рис. 93, *а* — *е*). По количеству рабочих перьев различают трех- и четырехперые зенкеры; иногда применяют двухперые зенкеры (ножи). Зенкеры крепят коническим хвостовиком в пиноли задней бабки. Так же, как и при сверлении, подача зенкера может быть автоматизирована.

Припуск на зенкерование отверстий оставляют 0,5—2 мм на сторону в зависимости от диаметра отверстия.

Подача при работе зенкерами (мм/об): из быстрорежущей стали 0,3—1,2, твердосплавными

92 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЯ $\varnothing 50A$



зенкерами 0,4—1,5, скорость резания соответственно 20—35 м/мин и 60—200 м/мин.

Для обработки отверстия большого диаметра применяют комбинированный инструмент — сверло-зенкер (рис. 94). Для обработки фасок и конических отверстий под головки винтов применяют разновидность зенкера — зенковку, которая в отличие от зенкера является многолезвийной, что обеспечивает малую шероховатость обработанной поверхности (рис. 95). Стандартные зенковки имеют угол конуса рабочей части 45, 60, 75 и 120°.

Брак при зенкеровании и меры его предупреждения приведены в табл. 8.

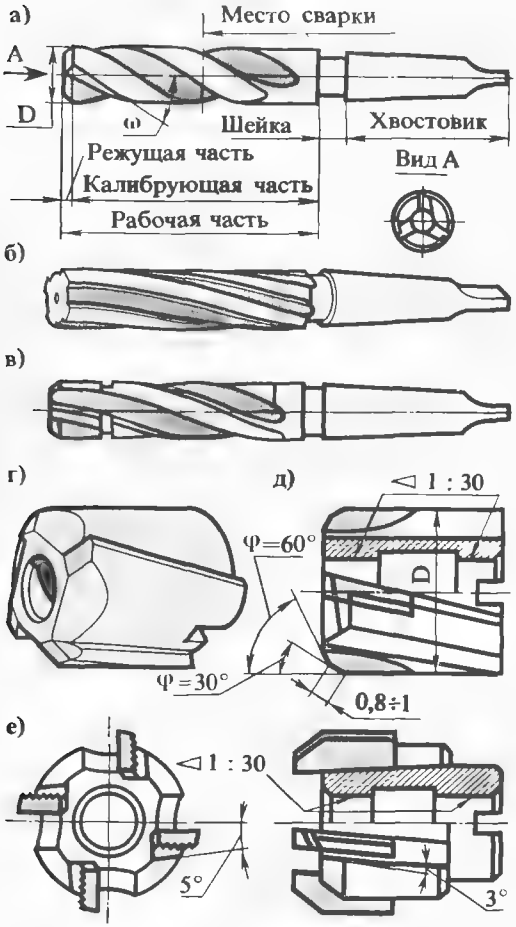
Таблица 8

Брак при зенкеровании отверстий и меры его предупреждения

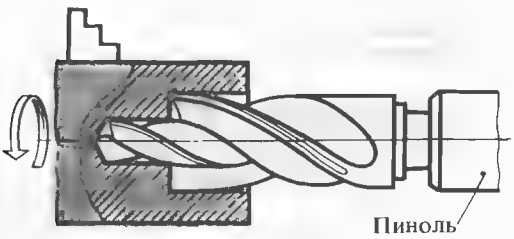
Виды брака	Причины	Меры предупреждения
«Разбивка» диаметра отверстия	Неправильно заточен зенкер	Заменить зенкер
«Усадка» диаметра отверстия	Зенкер изношен	
Часть поверхности отверстия осталась необработанной	Слишком мал припуск на зенкерование	Увеличить припуск
	Перекос заготовки в патроне	Выверить заготовку: проверить отверстие на биение
Низкое качество обработанной поверхности	Велик припуск	Уменьшить припуск
	Затупление зенкера	Заменить зенкер
	Налипание стружки на ленточки зенкера	Периодически очищать зенкер щеткой и обмывать струей жидкости
	Завышена подача	Уменьшить подачу

93 ЗЕНКЕРЫ:

а — устройство (части зенкера), б — четырехперый цельный быстрорежущий, в — твердосплавный, г — насадной быстрорежущий, д — насадной твердосплавный, е — насадной со вставными ножами



94 КОМБИНИРОВАННЫЙ СТЕРЖНЕВОЙ ИНСТРУМЕНТ – СВЕРЛО-ЗЕНКЕР



Кольцевое сверление. Для сверления отверстий большого диаметра в сплошном металле вместо сверления и зенкерования (или многократного растачивания) применяют кольцевое сверление («трепанирование»). Кольцевое сверло представляет собой трубу с режущими зубьями на торце. При продольной подаче кольцевое сверло вырезает в детали кольцевой канал, образующийся стержень (керн) попадает вовнутрь сверла (рис. 96).

§ 33. Растачивание цилиндрических отверстий

Предварительно просверленные отверстия или отверстия в заготовках, полученных литьем или ковкой, часто подвергают растачиванию с целью увеличения диаметра, обеспечения высокой точности размера и малой шероховатости.

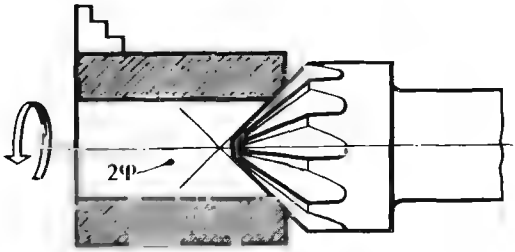
Растачивание менее производительно, чем сверление, но позволяет получить точные отверстия диаметральный допуск размера до 0,02 мм, шестой класс шероховатости поверхности) и исправить положение оси отверстия. На рис. 97 приведен технологический процесс обработки втулки при высоких требованиях к соосности отверстия и наружной поверхности и с точностью отверстия по 3-му кл.: вначале отверстие сверлят предварительно, затем рассверливают и после этого растачивают. Растачивание является наиболее универсальным способом обработки отверстий на токарном станке.

Расточные резцы. Расточные резцы бывают; проходные для сквозных отверстий (рис. 98, *а*) и упорные для глухих отверстий (рис. 98, *б*). Расточный резец закрепляют в резцедержателе параллельно оси заготовки. Чтобы головка резца вписывалась в обрабатываемое отверстие, задний угол расточного резца принимается бо́льшим, чем у резца для наружного точения ($\alpha=12\div16°$).

Та часть державки расточного резца, которая расположена возле головки, выполняется тоньше той части, которая крепится в резцедержателе.

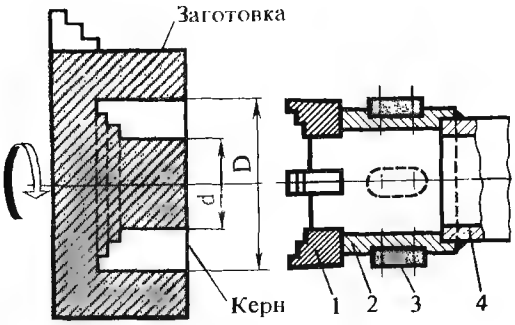
У стандартных расточных резцов режущая кромка расположена на уровне верхней образующей цилиндрической державки и поэтому

95 ЗЕНКОВАНИЕ ФАСКИ ОТВЕРСТИЯ

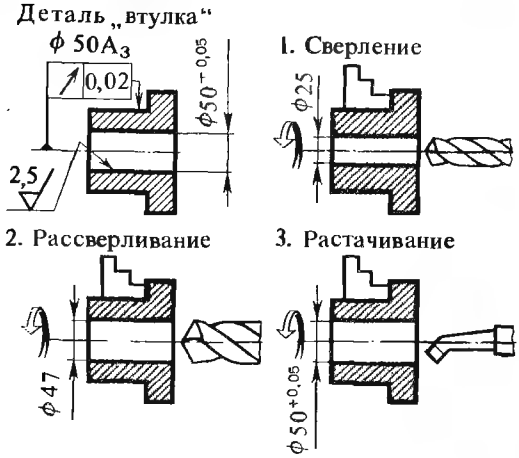


96 КОЛЬЦЕВОЕ СВЕРЛО:

1 — нож, 2 — коронка 3 — направляющие колодки 4 штанга

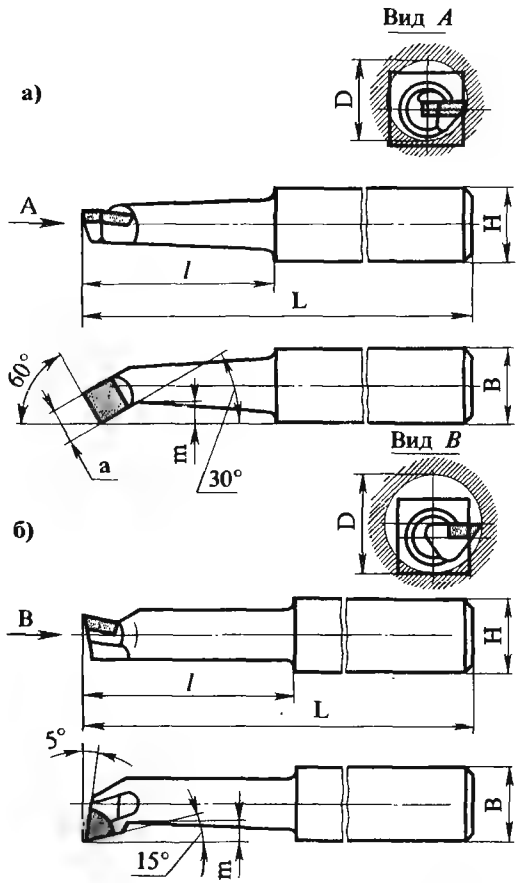


97 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЯ ϕ 50А$_3$



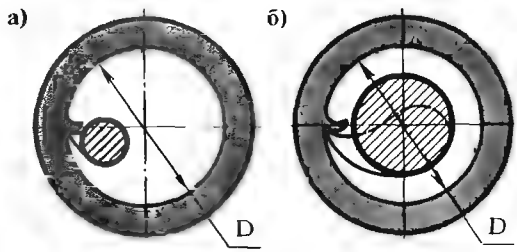
98 РАСТОЧНЫЕ РЕЗЦЫ:

а — для сквозных отверстий, б — для глухих отверстий; m — вылет вершины резца относительно державки



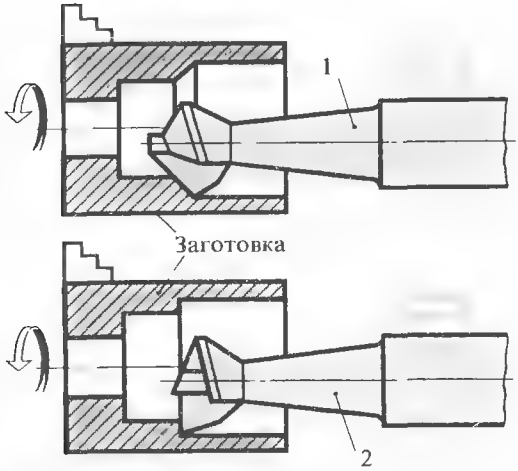
99 РАСПОЛОЖЕНИЕ РАСТОЧНЫХ РЕЗЦОВ В ОТВЕРСТИИ:

а — обычного, б — резца Лакура



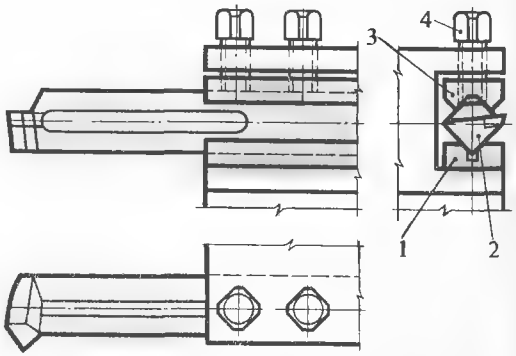
100 РАСТОЧНЫЕ РЕЗЦЫ СО СПИРАЛЬНОЙ ТВЕРДОСПЛАВНОЙ КОРОНКОЙ «УЛИТКОЙ»:

1 — проходной, 2 — упорный



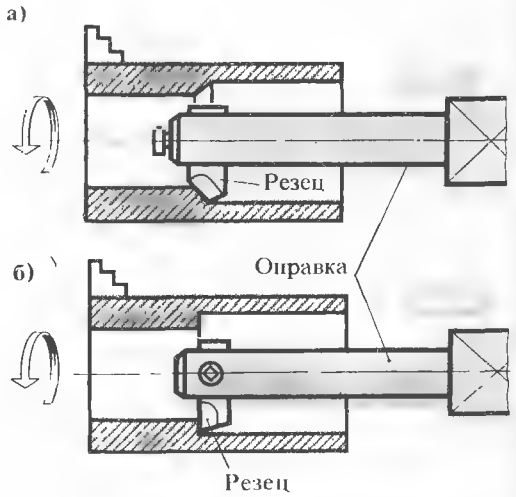
101 РАСТОЧНЫЙ РЕЗЕЦ В. К. СЕМИНСКОГО:

1 — подкладка-призма, 2 — резец, 3 — прижимная планка, 4 — болт резцедержателя



102 РАСТОЧНЫЕ ОПРАВКИ (БОРШТАНГИ):

а — с расточным проходным резцом, б — с расточным упорным резцом



резец устанавливают ниже центра заготовки (рис. 99, *а*). Это вынуждает применять расточные резцы с державкой значительно меньшего диаметра, чем диаметр растачиваемого отверстия. Такого недостатка не имеют расточные резцы токаря-новатора В. К. Лакура (рис. 99, *б*). Державка этого резца располагается в середине растачиваемого отверстия, поэтому может быть большего сечения, что устраняет опасность отжима резца и появления конусности обрабатываемого отверстия.

Применяют также расточные резцы, оснащенные твердосплавной коронкой «улиткой» (рис. 100). Переточку «улитки» выполняют по передней поверхности.

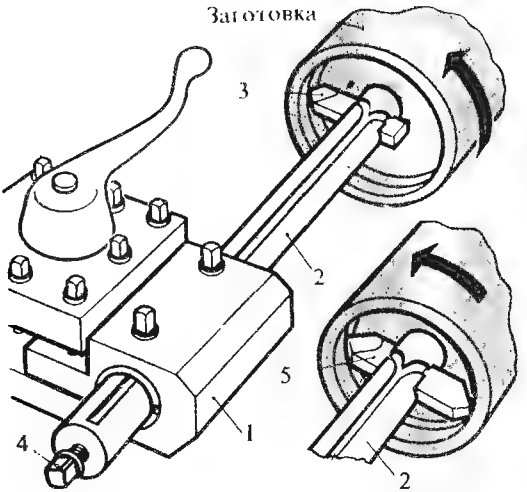
Некоторый отжим резца при растачивании приводит к конусообразности обработанного отверстия, которую приходится выводить повторными проходами без врезания. Для предотвращения конусообразности, а также для растачивания на повышенных режимах применяют расточные резцы В. К. Семинского с державкой квадратного сечения (рис. 101). Резец Семинского крепится в призмах, вылет резца регулируют выдвижением из призм.

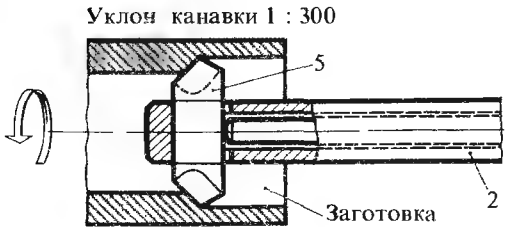
Расточные оправки (борштанги). Отверстия ⌀80—100 мм и более обычно растачивают расточными резцами, которые закрепляют в оправках (рис. 102, *а*, *б*). Резец в оправке зажимается винтом с торца или с наружной поверхности оправки.

Многие токари применяют универсальную расточную оправку с регулируемым вылетом (рис. 103). Оправку закрепляют в дополнительной державке, установленной в резцедержателе. В оправке можно крепить как резцы, так и пластины. На оправке выфрезерована канавка, по которой охлаждающая жидкость падает непосредственно на резец. Канавка служит и для стопорения болтами. Универсальную расточную оправку используют также для

103 УНИВЕРСАЛЬНАЯ РАСТОЧНАЯ ОПРАВКА К ТОКАРНОМУ СТАНКУ:

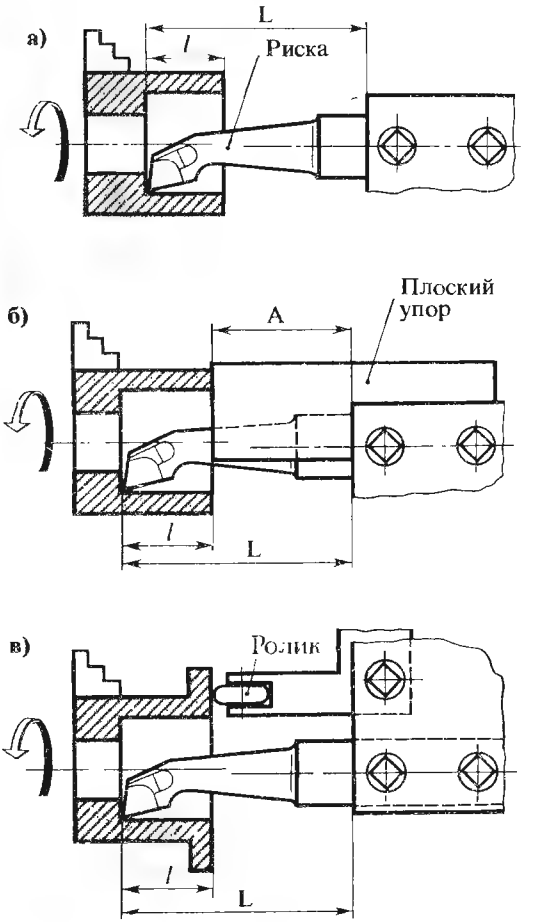
1 — державка; 2 — оправка; 3 — резец; 4 — винт для крепления резца; 5 — расточная пластина





104 КОНТРОЛЬ ГЛУБИНЫ ОТВЕРСТИЯ В ПРОЦЕССЕ РАСТАЧИВАНИЯ

а — при помощи риски на резце; б — при помощи плоского упора; в — при помощи роликового упора



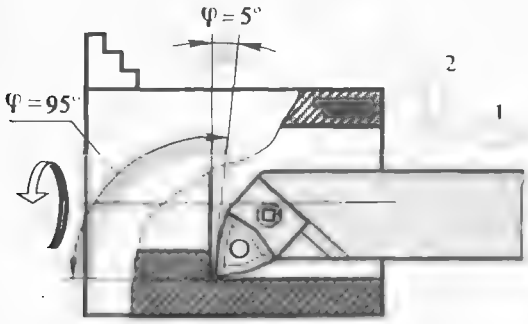
вытачивания внутренних канавок, нарезания внутренней резьбы и других работ.

Мерные расточные пластины («ножи»). Расточная пластина (нож) имеет размер, соответствующий размеру растачиваемого отверстия. Растачивание пластиной обеспечивает получение отверстия правильной цилиндрической формы за один проход, так как действующие с двух сторон на пластину усилия взаимно уравновешиваются. Расточные пластины бывают цельные из быстрорежущей стали и напайные, оснащенные пластинками твердого сплава. Расточную пластину закрепляют в пазу расточной оправки (рис. 103).

Приемы растачивания. Заданную глубину отверстия обеспечивают в процессе растачивания измерением линейкой, штангенглубиномером, шаблоном или настройкой при помощи лимба продольной подачи. Для облегчения обработки на резце наносят риску, соответствующую заданной глубине отверстия (рис. 104, *а*). Опытные токари закрепляют в резцедержателе металлическую планку (плоский упор), вылет которой равен вылету резца

105 УГЛЫ В ПЛАНЕ ПРИ РАБОТЕ РАСТОЧНЫМ УПОРНЫМ РЕЗЦОМ:

φ = 95° — при продольной подаче, φ = 5° при поперечной подаче



минус глубина отверстия $A = L - l$ (рис. 104, *б*).

Когда планка при автоматической подаче суппорта подойдет к заготовке на расстояние 2—3 мм, автоматическую подачу выключают и вручную подают суппорт до соприкосновения планки с заготовкой: это значит, что растачивание выполнено на заданную глубину. Упором могут служить державки с роликом (роликовый упор) (рис. 104, *в*).

Точность диаметра растачиваемого отверстия обеспечивается так же, как и при наружном точении: пробными проходами с замером штангенциркулем, настройкой по лимбу поперечной подачи, по линейке поперечных салазок суппорта, при помощи индикатора, по поперечному упору.

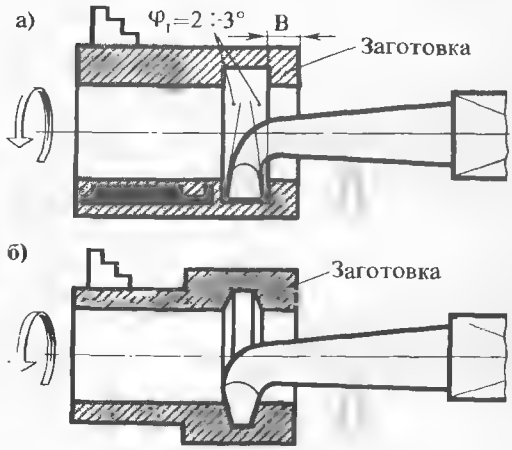
Подрезание внутренних торцов и уступов. Внутренние торцы и уступы подрезают расточным упорным резцом подачей к центру, для этого расточный резец должен иметь главный угол в плане φ более 90° (например, 95°), тогда при подрезании торца отверстия фактический главный угол в плане φ составит 5° (рис. 105).

Точность осевых размеров ступенчатого отверстия в процессе растачивания выдерживается с помощью лимба продольной подачи или упора с длиноограничителями, как при обработке ступенчатых валов.

Растачивание внутренних канавок. Геометрия рабочей части прорезных резцов для прямоугольных канавок такая же, как и у прорезных наружных резцов (рис. 106, *а*, *б*). Резцы для внутренних канавок бывают цельные и вставные (оправочные).

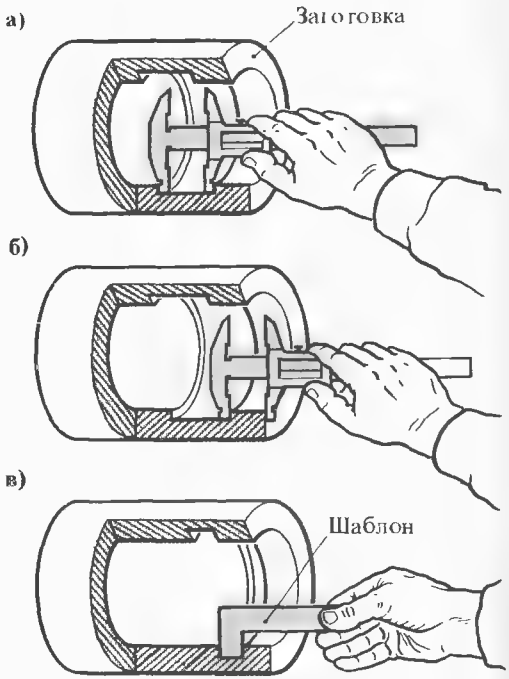
106 РАСТАЧИВАНИЕ ВНУТРЕННИХ КАНАВОК:

а — прямоугольной, б — канавки под сальник



107 КОНТРОЛЬ ВНУТРЕННИХ КАНАВОК И ВЫТОЧЕК:

а, б — ширины выточки и расстояния до выточки штангенциркулем, в — ширины выточки шаблоном



Так как при вытачивании канавки токарю не видна зона обработки, особенно важно пользоваться лимбами продольных и поперечных подач, а также упорами.

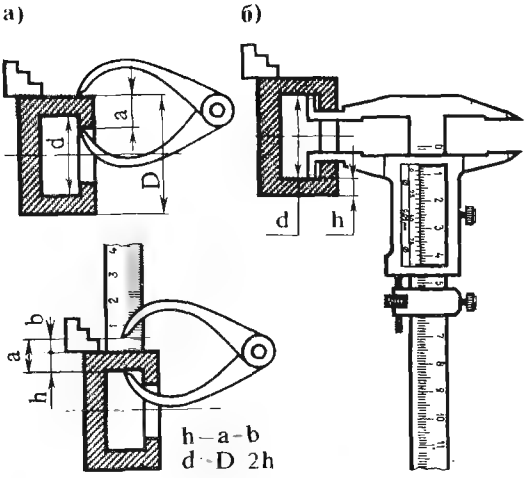
Широкую внутреннюю канавку обрабатывают последовательным врезанием на глубину канавки поперечной подачей (контроль по лимбу) и расширением канавки продольной подачей.

Ширину канавки в отверстии и расстояние от торца заготовки до канавки контролируют штангенциркулем (рис. 107, *а*, *б*) и шаблоном (рис. 107, *в*). Диаметр выточки определяют измерением толщины стенки *a* до выточки; этот размер переносят на линейку (рис. 108, *а*). Затем вводят кронциркуль в канавку и, не изменяя раствора ножек, прикладывают кронциркуль к линейке. По размеру *b*, отсеченному ножкой кронциркуля на линейке, определяют толщину стенки: $h = a - b$, а диаметр выточки определяют расчетом: $d = D - 2h$, где D — наружный диаметр втулки.

Более точно диаметр выточек измеряют штангенциркулем со специальными губками (рис. 108, *б*). К прочитанному на штангенциркуле размеру прибавляют двойную ширину ножек ($2h$).

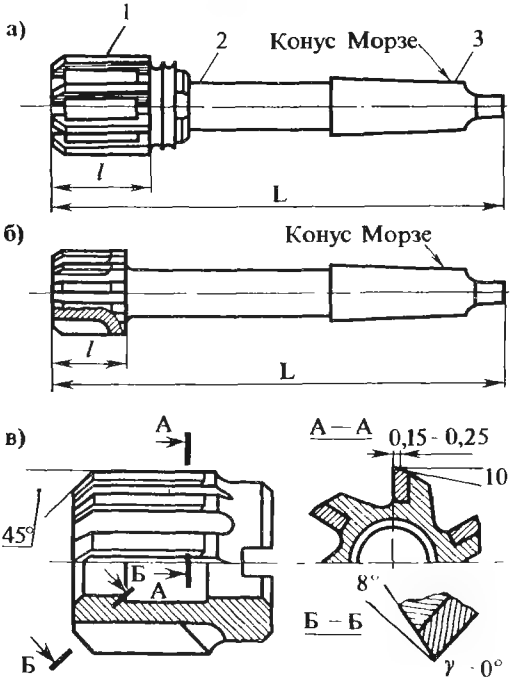
108 КОНТРОЛЬ ДИАМЕТРА ВЫТОЧКИ:

а — кронциркулем, б — штангенциркулем со специальными губками



109 МАШИННЫЕ РАЗВЕРТКИ:

а — хвостовая регулируемая со вставными ножами, б — хвостовая твердосплавная, в — насадная твердосплавная. 1 — рабочая часть, 2 — шейка, 3 — хвостовик, l — длина рабочей части, L — общая длина развертки



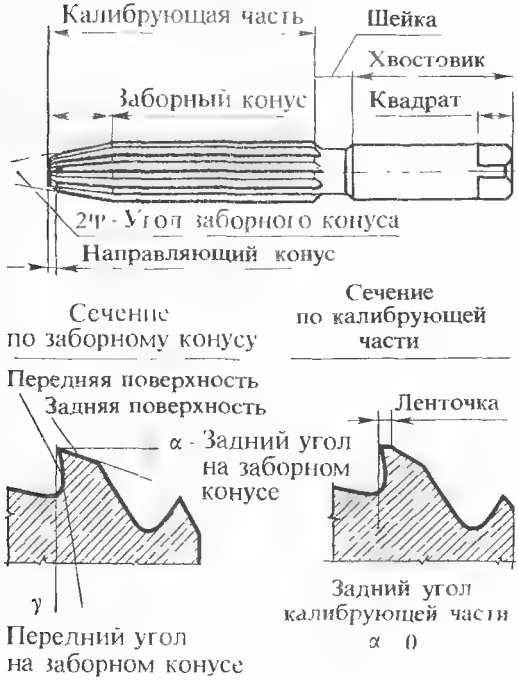
§ 34. Развертывание

Для точной чистовой обработки отверстий применяют многолезвийные размерные инструменты — **развертки**. Развертка обеспечивает точность по классам 3а, 3, 2а, 2 и 8—9 классы шероховатости. Обработка последовательно двумя развертками может обеспечить десятый класс шероховатости поверхности. Как и при зенкеровании, развертыванием нельзя устранить биение или перекос отверстия, если они имелись после предыдущей обработки.

Развертки делят на **слесарные** (ручные) и **станочные** (машинные) (рис. 109, *а* — *в*), хвостовые и насадные, цельные и сборные (со вставными ножами). Применяют также регулируемые (установочные) развертки, размер которых можно регулировать в небольших пределах.

Развертка состоит из рабочей части, шейки и хвостовика (см. рис. 109, *а*). Хвостовик машинной развертки — конический (конус Морзе), у ручных разверток — цилиндрический с квадратом под вороток.

110 ЭЛЕМЕНТЫ РАБОЧЕЙ ЧАСТИ И ГЕОМЕТРИЯ РАЗВЕРТКИ

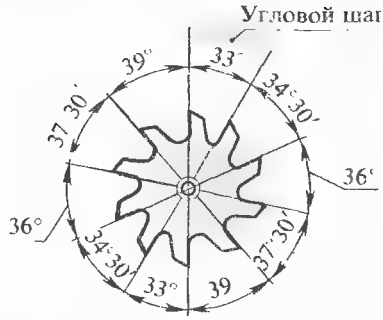


На рабочей части развертки различают следующие элементы: направляющий конус, облегчающий ввод развертки в отверстие (рис. 110), заборный конус и калибрующую часть.

Заборный конус — режущий элемент развертки. Режущие кромки на заборном конусе остро заточены. Угол заборного конуса 2φ составляет 8 -12° для обработки чугуна и 24 - 30° для обработки стали.

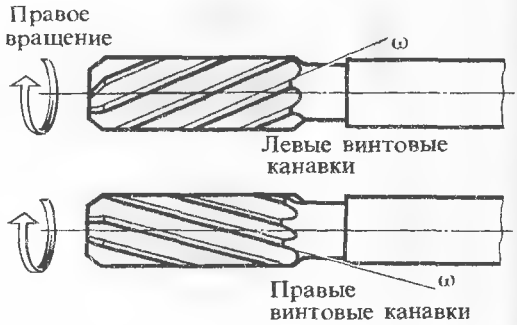
Калибрующая часть - цилиндрический участок развертки, служащий для направления развертки в отверстии и для калибрования отверстия. Режущие зубья на этом участке имеют узкие шлифованные ленточки шириной 0,05 0,2 мм. Диаметр развертки, измеренный по ленточкам противолежащих зубьев, соответствует диаметру обрабатываемого отверстия. Для облегчения вывода развертки из отверстия на калибрующей части по ленточкам шлифуется обратный конус: занижается диаметр в сторону хвостовика на 0,04 - 0,08 мм.

111 НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ШАГА РАЗВЕРТКИ



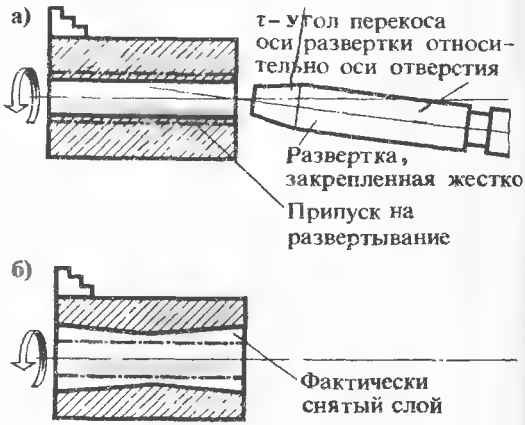
112 РАЗВЕРТКИ С ВИНТОВЫМИ ЗУБЬЯМИ

а — угол наклона винтовой канавки



113 СХЕМЫ «РАЗБИВКИ» ОТВЕРСТИЯ ПРИ ЖЕСТКОМ КРЕПЛЕНИИ РАЗВЕРТКИ:

а — до развертывания, б — после развертывания



Геометрия зуба развертки на режущей части (заборном конусе) и на калибрующей части показана на рис. 110. Шаг между зубьями развертки делается неравномерным. Если у развертки, например, 12 зубьев, то центральный угол составляет не 30′, а 33′, 34′30′, 36′, 37′30′, 39°; при этом противолежащие зубья должны располагаться на одном диаметре, что важно для контроля развертки (рис. 111). Неравномерность шага устраняет огранку обработанного отверстия.

Высокое качество обработки обеспечивают развертки со спиральными (винтовыми) канавками (рис. 112).

Перед развертыванием отверстие и развертку очищают от стружки и грязи, тщательно протирают.

Если хвостовик развертки закреплен непосредственно в пиноли задней бабки, то незначительная несоосность хвостовика и рабочей части развертки, перекос осей пиноли или загрязнение посадочного конуса вызовут неравномерное срезание припуска: отверстие будет иметь больший диаметр у торцов и меньший в середине отверстия (рис. 113, *а*, *б*).

Чтобы припуск срезался равномерно и не было «разбивки» отверстия, развертку закрепляют в качающейся оправке (рис. 114): корпус оправки устанавливают в пиноли, а собственно оправка, несущая развертку, связывается с корпусом шарниром.

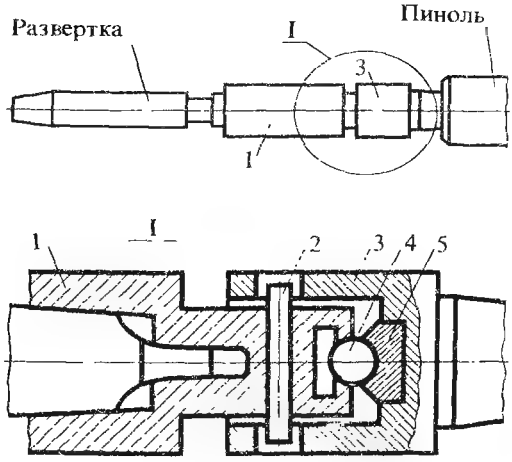
Для развертывания отверстий диаметром более 60 мм можно применять двухкромочную «плавающую» пластину-развертку, которая свободно вставляется в горизонтальный паз оправки (рис. 115). Пластина-развертка состоит из двух ножей, оснащенных пластинками твердого сплава и соединенных друг с другом винтами. Ножи можно перемещать при регулировке инструмента на размер.

Припуск на развертывание зависит от диаметра отверстия и от обрабатываемого материала и составляет 0,08 –0,2 мм на сторону.

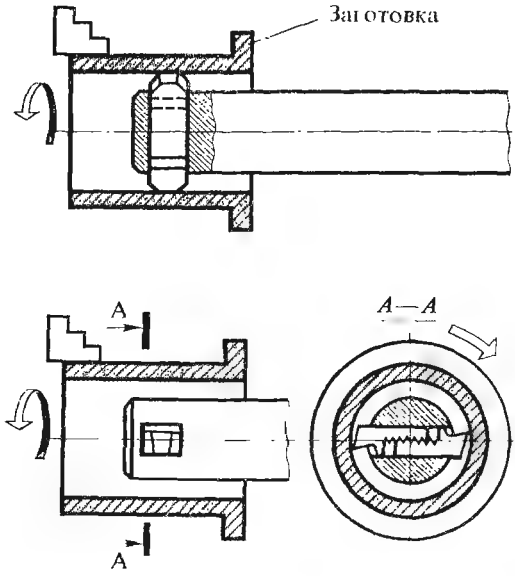
Выбор режимов резания при развертывании. Подача при развертывании принимается в два-три раза большей, чем при сверлении отверстия такого же диаметра, а скорость резания в два-три раза меньше. Величина подачи на шероховатость обработанного отверстия не влияет, так как она зависит только от состояния кромки на калибрующей части. Необходимость низкой скорости резания при развертывании объясняется явлением наростообразования; при низкой скорости резания на-

114 КАЧАЮЩАЯСЯ ОПРАВКА ДЛЯ РАЗВЕРТКИ:

1 — оправка, 2 — штифты, 3 — корпус, 4 — шарик, 5 — подпятник



115 «ПЛАВАЮЩАЯ» РЕГУЛИРУЕМАЯ ПЛАСТИНА-РАЗВЕРТКА



рост на режущей кромке не образуется, что обеспечивает высокое качество обработки.

Брак при развертывании отверстий и меры его предупреждения приведены в табл. 9.

§ 35. Центрование на токарном станке

Заготовки валов часто обрабатывают на токарных станках с установкой центровыми отверстиями на центрах. Процесс сверления центровых отверстий называется центрованием.

Короткие заготовки центруют на токарном станке без предварительной разметки положения центровых отверстий. Для центрования применяют центровочные сверла, позволяющие получать одновременно цилиндрический и конический (тип *A* и *B*) или радиусный (тип *R*) участки центрового отверстия (рис. 116). Центрование выполняют также укороченным спиральным сверлом с последующей обработкой конуса зенковкой (рис. 117).

Применяются два способа центрования на токарном станке: первый — заготовку закрепляют в патроне, а центровочное сверло при помощи сверлильного патрона — в пиноли задней бабки (рис. 118, *а*); второй — центровочное сверло закрепляют в патроне, а заготовку, поддерживаемую рукой, поджимают к центровочному сверлу задним центром (рис. 118, *б*).

Длинную или сложной формы заготовку часто невозможно установить на станке для центрования, тогда центрование выполняют вне станка электродрелью, предварительно разметив положение центровых отверстий. Для этой цели применяют разметочные циркули или центроискатели (рис. 119).

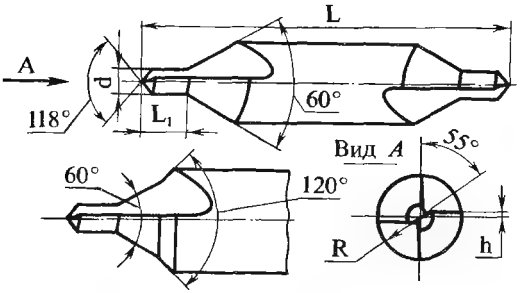
Режимы резания при центровании ниже режимов резания при сверлении, что объясняется малым диаметром центровочного сверла и необходимостью получения сравнительно точного центрового отверстия. Особенно важным является требование малой шероховатости конусной фаски, с которой сопрягается рабочий конус центра. Подача при центровании 0,02—0,1 мм об, скорость резания 10—12 м/мин. В табл. 10 приведены виды, причины и меры предупреждения брака при центровании.

Таблица 9

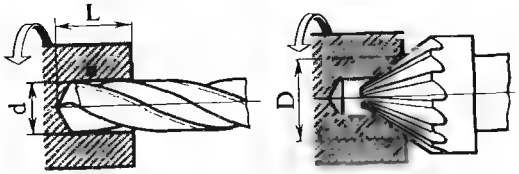
Брак при развертывании отверстий и меры его предупреждения

Виды брака	Причины	Меры предупреждения
«Разбивка» диаметра отверстия	Неправильно заточена развертка: увеличен передний угол; режущие кромки на заборном конусе имеют биение; завышен диаметр калибрующей части развертки	Заменить развертку
Усадка» диаметра отверстия	Жесткое закрепление развертки Развертка изношена. Упругая деформация металла при развертывании тонкостенной втулки	Применить качающуюся оправку Заменить развертку
Часть поверхности осталась необработанной	Недостаточен припуск на развертывание Отверстие заготовки имеет биение	Увеличить припуск Применить качающуюся оправку
Неудовлетворительная шероховатость отверстия	Велик припуск Зазубрины на калибрующей части развертки Неправильно выбрана СОЖ	Уменьшить припуск Заменить развертку Принять СОЖ по справочнику

116 ЦЕНТРОВОЧНОЕ СВЕРЛО



117 ЦЕНТРОВАНИЕ СВЕРЛЕНИЕМ И ЗЕНКОВАНИЕМ



118 ПРИЕМЫ ЦЕНТРОВАНИЯ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ:

а — заготовка зажата в патроне б – заготовка удерживается вручную

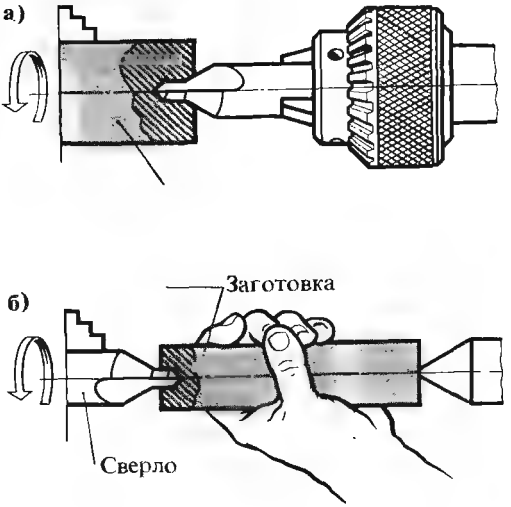


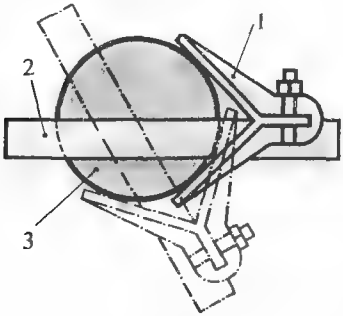
Таблица 10

Брак при центровании и меры его предупреждения

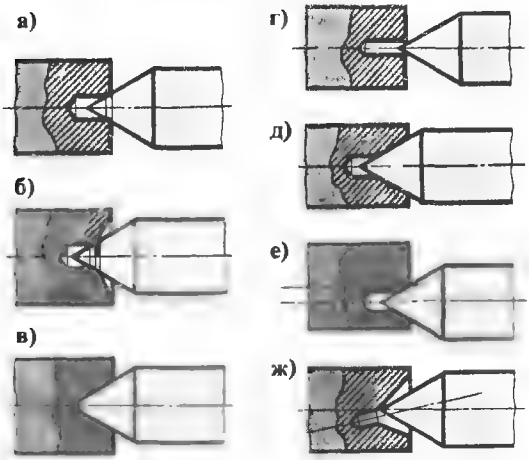
Виды брака	Причины	Меры предупреждения
Не выдержан угол конуса (слишком малый или слишком большой), что приводит к износу рабочей головки центра (рис. 120, *а, б*)	Неправильно выбран угол зенковки. Погрешность профиля центровочного сверла	Заменить центровочный инструмент
Отсутствует цилиндрическая часть отверстия, что приводит к ускоренному износу кончика рабочей головки центра (рис. 120, *в*)	Поломка конца центровочного сверла	То же
Не выдержана глубина сверления (слишком мелкое или слишком глубокое отверстие), что нарушает точность базирования и приводит к нарушению смазки центра (рис. 120, *г, д*)	Нечеткий контроль глубины сверления при центровании	Выполнять центрование по упору или по метке на центровочном сверле
Ось центровочного отверстия смещена от оси заготовки. При обработке в центрах на поверхности заготовки может остаться чернота (рис. 120, *е*)	При центровании на токарном станке — смещение или перекос деталей в кулачках патрона. Неправильная разметка центровочного отверстия	Тщательно контролировать установку заготовки в патроне
Ось центрового отверстия перекошена: ускоряется износ рабочего конуса центра, нарушается безопасность работы (рис. 120, *ж*)	При центрировании на токарном станке – перекос задней бабки	Отрегулировать заднюю бабку

119 НАХОЖДЕНИЕ ЦЕНТРА ТОРЦА ЗАГОТОВКИ УГОЛЬНИКОМ-ЦЕНТРОИСКАТЕЛЕМ:

1 — угольник, 2 — линейка, 3 — заготовка



120 ВИДЫ (*а — ж*) БРАКА ПРИ ЦЕНТРОВАНИИ



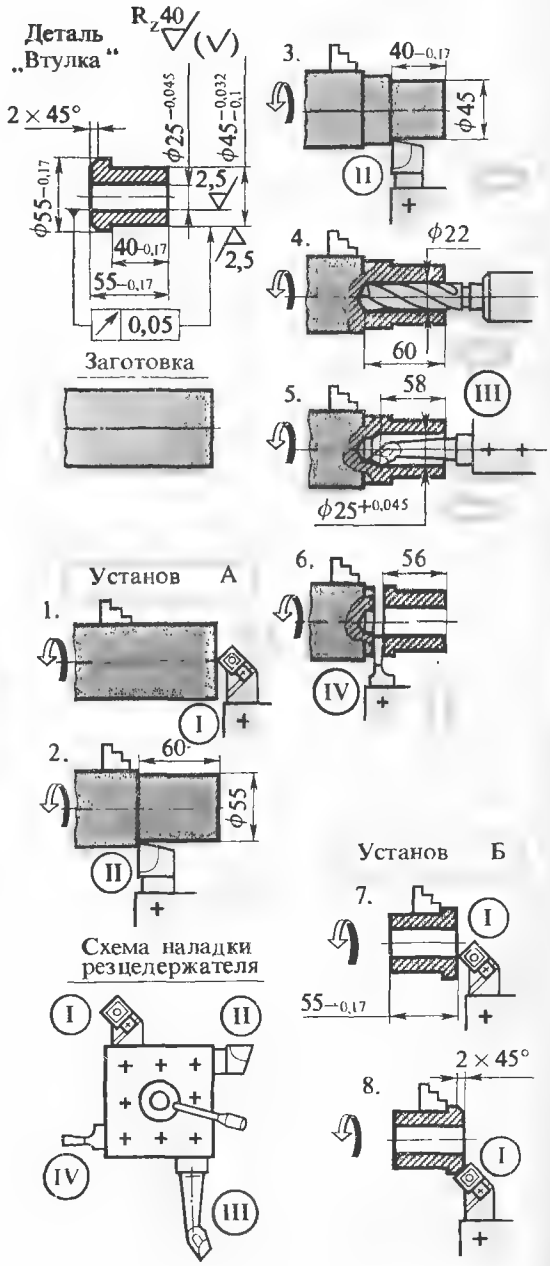
§ 36. Технологические особенности изготовления деталей типа втулок

Втулки — детали, часто встречающиеся в машинах. Они характеризуются наличием отверстия и требованием соосности наружной и внутренней поверхностей.

Типовой технологический процесс изготовления простой втулки с буртиком из прутковой заготовки в условиях единичного производства показан на рис. 121. Как видно на чертеже де-

121 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА» В УСЛОВИЯХ ЕДИНИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА (ЗА ОДНУ ОПЕРАЦИЮ):

1 — 8 — переходы



тали, наружная поверхность $\varnothing 45$ должна быть концентрична отверстию $\varnothing 25$ (допускаемое биение 0,05 мм). Это условие выполняется благодаря тому, что наружная поверхность и отверстие обрабатывается от одной базы, т. е. при одном и том же закреплении прутка в патроне.

Технологический процесс изготовления втулки в условиях единичного производства выполняется в одну операцию, которая состоит из двух установов: в установе *А* заготовку обрабатывают со стороны меньшего диаметра (обтачивание наружной поверхности, сверление и растачивание отверстия); в установе *Б* деталь закрепляют за проточенную поверхность $\varnothing 45$, подрезают торец со стороны буртика и снимают фаску.

В условиях серийного производства такую втулку целесообразно изготовлять из штучных заготовок, предварительно отрезанных от прутка. Технологический процесс расчленяется на две операции (токарные): обработку с одной стороны со сверлением отверстия, затем обработку другой стороны с закреплением за обточенную в первой операции чистовую базу $\varnothing$ 45 (рис. 122). Линейные размеры 55 и 40 обеспечиваются при помощи упора.

Во многих случаях заготовки типа втулок обрабатывают с базированием по отверстию на оправке. О п р а в к а — это стержень, наружный диаметр которого соответствует диаметру базового отверстия заготовки (детали). Оправка обеспечивает точное центрование втулки по отверстию, быстрое и надежное ее закрепление.

Простейшая оправка — коническая (рис. 123, *а*, *б*). Заготовка заклинивается на ней легким постукиванием по торцу.

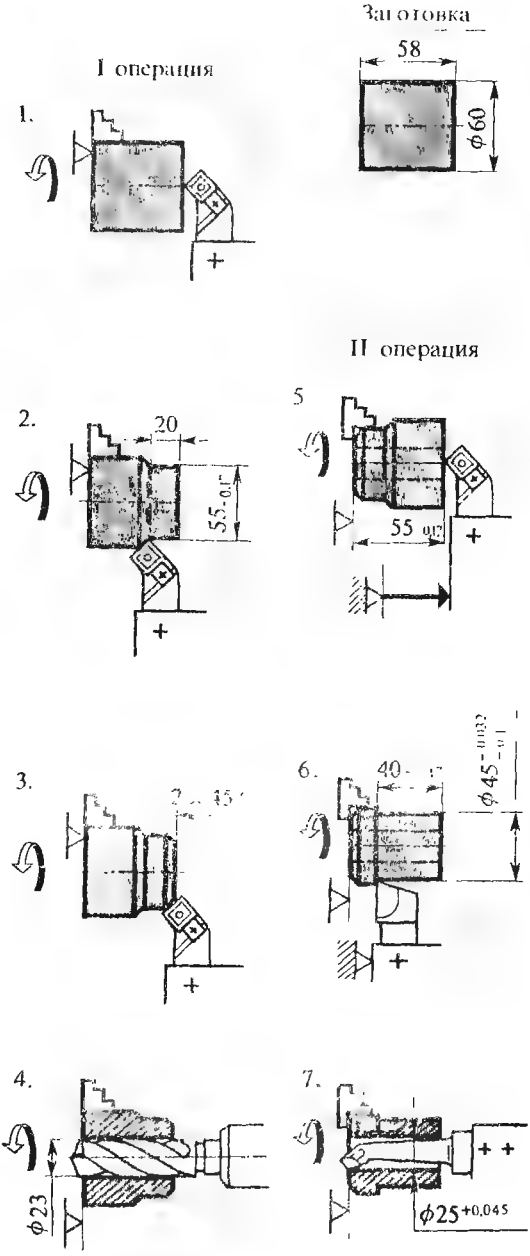
Базирование по отверстию осуществляют также при помощи гладкой цилиндрической оправки — заготовку зажимают гайкой (рис. 124, *а*, *б*).

На рис. 125, *а*, *б* показаны несложные конструкции цанговых разжимных оправок; с разрезной стальной закаленной цангой и цельная чугунная оправка. Заготовку на цанговой оправке закрепляют завертыванием в цангу конического стержня: цанга, разжимаясь, центрирует и закрепляет заготовку.

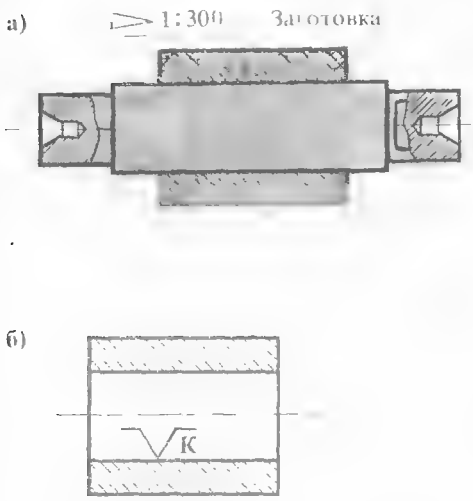
Ниже приведен технологический процесс получения детали «втулка с канавкой» из трубчатой заготовки с применением разжимной цанговой оправки (рис. 126). В первой операции предусмотрено: подрезание торца и обработка от-

122 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА» В УСЛОВИЯХ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА (ЗА ДВЕ ОПЕРАЦИИ):

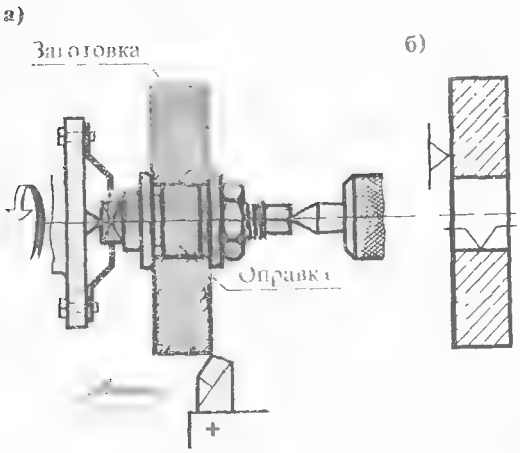
1–7 – переходы



123 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВКИ ВТУЛКИ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОПРАВКЕ (*а*), СХЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ (*б*)

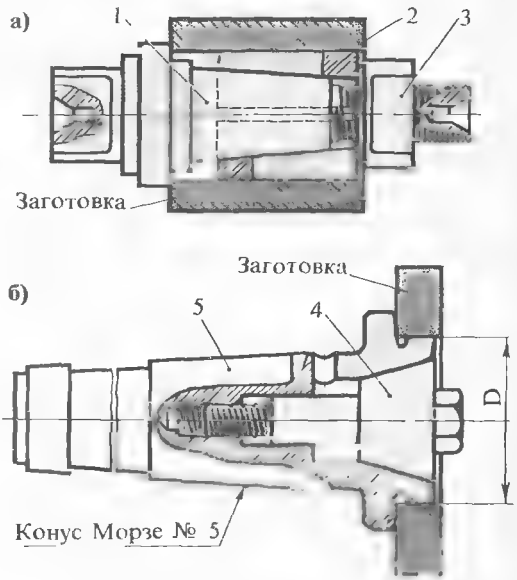


124 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВКИ ВТУЛКИ НА КОНИЧЕСКОЙ ОПРАВКЕ (*а*), СХЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ (*б*)



125 ЦАНГОВЫЕ РАЗЖИМНЫЕ ОПРАВКИ:

а — со стальной цангой, б — цельная чугунная: 1 — корпус, 2 — цанга, 3 — нажимная гайка, 4 — конус с винтом, 5 — корпус-цанга

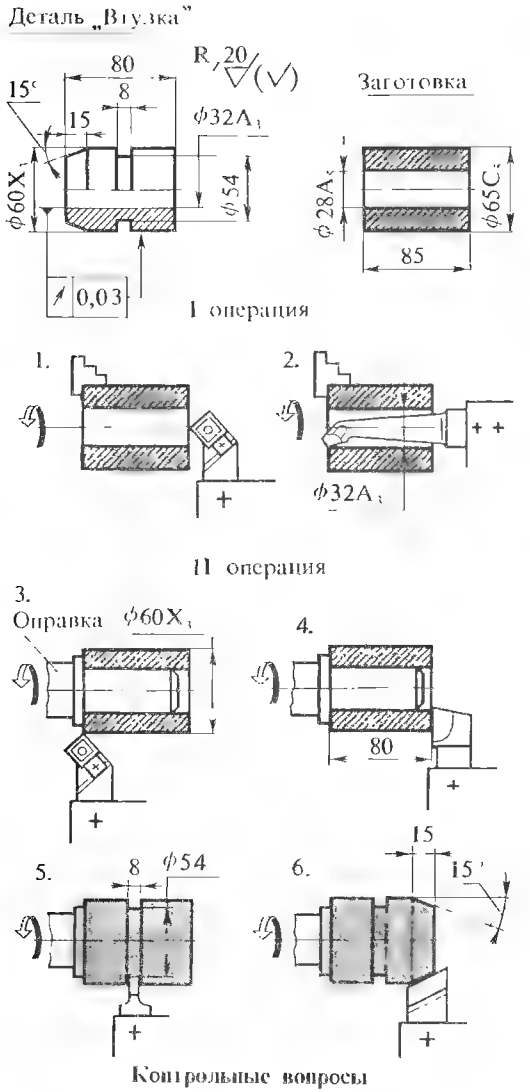


верстия ⌀32А. Во второй операции заготовка базируется по отверстию ⌀32А на разжимной цанговой оправке. Здесь предусмотрено четыре перехода: обтачивание наружной поверхности ⌀ $60X_3$, подрезание второго торца в размер 80 мм, протачивание канавки шириной 8 мм и снятие фаски шириной 15 мм под углом 15°. Установка на оправке обеспечивает соблюдение условия соосности отверстия ⌀32А и наружной поверхности ⌀ $60X_3$ (допустимое биение 0,03 мм).

При более низких требованиях к соосности поверхностей (допускаемое биение более 0,08 мм) вторую операцию можно выполнять в поводках трения: заготовку закрепляют в грибковых центрах или на гладкой оправке с поджимом задним вращающимся центром (рис. 127, *а*, *б*).

126 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА С КАНАВКОЙ» С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПРАВКИ:

I, б — переходы

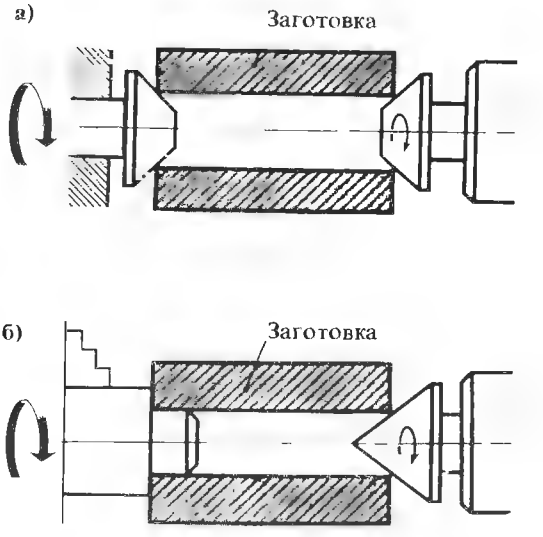


Контрольные вопросы

1. Назовите основные части и элементы спирального сверла.
2. Назовите основные причины поломок сверла, виды брака при сверлении и меры их предупреждения.
3. Как контролируют длину и диаметр растачиваемого отверстия?

127 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ВТУЛОК ПРИ ПОМОЩИ ПОВОДКОВ ТРЕНИЯ:

а — в грибковых центрах; б — на оправке с поджимом грибковым центром



4. Как растачивают внутренние канавки?
5. Назовите основные причины и меры предупреждения брака при зенкеровании и развертывании.
6. Как обеспечивается концентричность наружной поверхности и отверстия при обработке простых втулок из прутковой заготовки?

Глава V
Нарезание резьбы плашками и метчиками

§ 37. Общие сведения о резьбах

Р е з ь б о в ы е д е т а л и. В машинах применяются детали, имеющие различные наружные и внутренние резьбовые поверхности. Это крепежные винты и гайки, ходовые винты для преобразования вращательного движения в поступательное, грузовые винты (домкраты). В измерительных инструментах и приборах применяются микрометрические (точные) винты.

Р е з ь б о в а я п о в е р х н о с т ь образуется одновременными равномерными вращательным и поступательным движениями какого-либо профиля относительно оси. В зависимости от формы профиля различают резьбы: треугольные, трапецеидальные, прямоугольные, упорные, круглые (рис. 128, *а – д*).

По направлению витков резьбы делятся на правые (винт ввинчивается в гайку при вращении по часовой стрелке) и левые (рис. 128, *е, ж*).

Резьбы бывают однозаходные и многозаходные. Многозаходные имеют несколько параллельно идущих витков; на торце детали с такой резьбой видно несколько равномерно расположенных витков (заходов) (рис. 129, *а – г*).

Э л е м е н т ы р е з ь б ы. Если винтовую линию развернуть на плоскости, то она явится гипотенузой прямоугольника ABC, один катет которого равен длине окружности $\pi d_{ср}$, а другой – шагу резьбы S мм (рис. 130).

Ш а г о м р е з ь б ы называется расстояние между одноименными точками двух соседних витков, измеренное параллельно оси резьбы (см. рис. 130).

Угол между направлением витка и плоскостью, перпендикулярной к оси цилиндра, называется у г л о м п о д ъ е м а р е з ь б ы μ (мю) (рис. 131).

На рис. 130 видно, что $$tg\,\mu = \frac{S}{\pi d_{ср}},$$

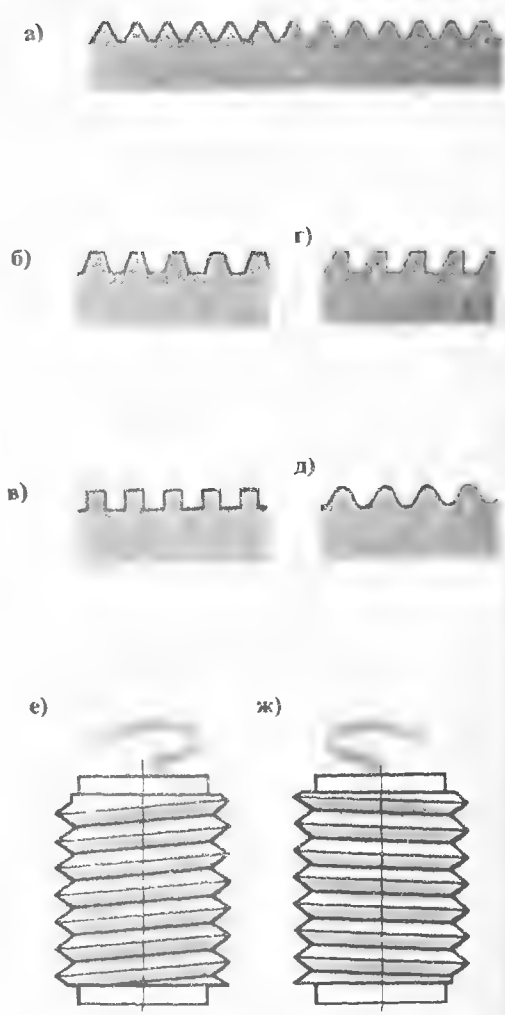
где $d_{ср}$ – средний диаметр резьбы, т. е. диаметр воображаемого цилиндра, образующая которого делит профиль резьбы так, что толщина витка резьбы равняется ширине канавки.

Чем меньше угол μ, тем меньше опасность самоотвинчивания резьбового соединения.

Кроме среднего диаметра резьбы $d_{ср}$, шага резьбы S и угла подъема μ резьба характеризуется также наружным диаметром d_0, внутренним диаметром d_1, углом профиля ε и глубиной профиля t.

128 КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЗЬБ:

по форме профиля: а – треугольная, б – трапецеидальная, в – прямоугольная (цепная), г – упорная, д – круглая; по направлению витков: е – правая, ж – левая



Угол профиля ε — это угол между боковыми сторонами профиля, измеренный в осевом сечении (см. рис. 131).

Средний диаметр резьбы $d_{ср}$ является средним арифметическим наружного и внутреннего диаметров.

Глубиной профиля t является полуразность наружного и внутреннего диаметров (мм)

$$t = \frac{d_0 - d_1}{2}$$

Метрическая резьба (ГОСТ 16093—70) имеет треугольный профиль с углом $\varepsilon = 60°$. Вершины выступов срезаны, а дно впадин закруглено. Шаг и диаметры измеряются в миллиметрах.

В зависимости от точности среднего диаметра метрическая резьба имеет четыре степени точности для винтов (4, 6, 7, 8) и четыре степени точности для гаек (4, 5, 6, 7). В зависимости от назначения резьбы на ее элементы предусмотрены различные поля допусков.

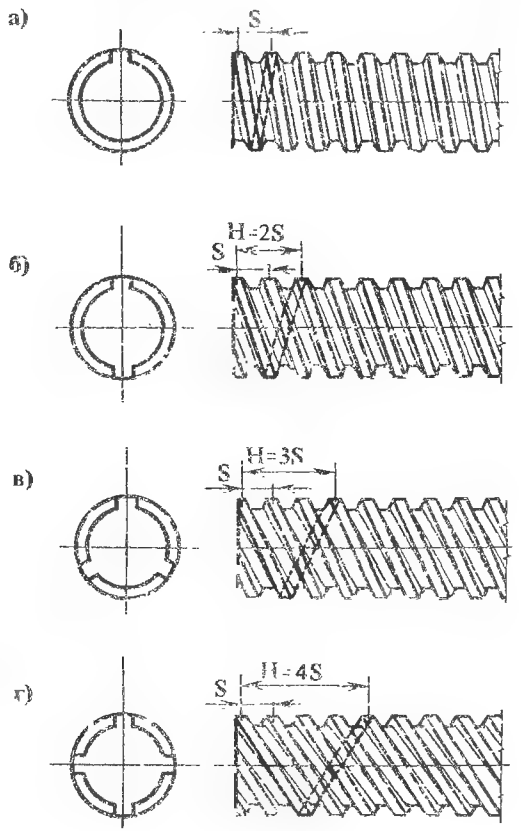
Метрические резьбы делятся на резьбы с крупным шагом и мелким. У крупных резьб с увеличением диаметра увеличивается и шаг резьбы, наибольший шаг этой резьбы 6 мм. Мелкие резьбы имеют шаг, независимый от диаметра. На деталях большого диаметра может быть нарезана резьба с мелким шагом. Резьба с крупным шагом обозначается буквой М (метрическая) и цифрами (диаметром резьбы). Рядом с диаметром указывается степень (класс) точности резьбы (например: $4g$, $6H$). Если резьба левая, то рядом с классом точности указывается: «левая».

Резьбы с мелким шагом обозначаются буквой М, цифрами (диаметр резьбы) и, кроме того, указывается величина шага.

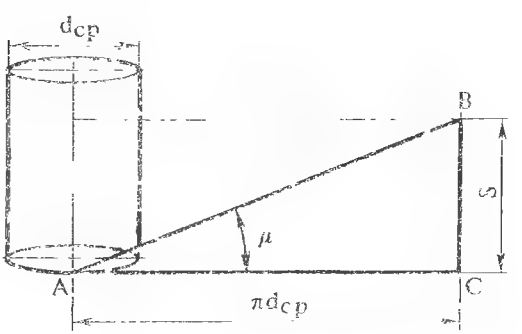
Примеры обозначения метрических резьб: М12-6h — метрическая, наружный диаметр 12 мм, степень точности 6h; М12 × 1-6Н левая — метрическая на гайке, наружный диаметр 12 мм, шаг мелкий 1 мм, степень точности 6Н.

Дюймовая резьба (ОСТ НКТП 1260). Для ремонта старых машин или машин, поступающих из стран, где принята дюймовая система мер (Англия, США и др.), изготовляют изделия с дюймовой резьбой. Дюймовая резьба имеет треугольный профиль с углом $\varepsilon = 55°$, диаметры измеряются в долях дюйма (1 — 25,4 мм), а шаг характеризуется числом ниток, приходящихся на один дюйм. Резьба

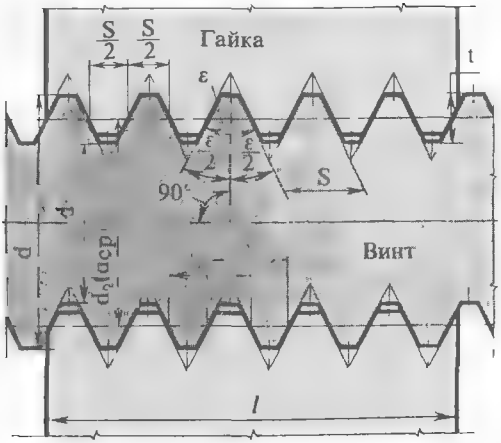
129 МНОГОЗАХОДНЫЕ РЕЗЬБЫ:
а — одноразходная, б — двухзаходная, в — трехзаходная, г — четырехзаходная



130 СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ВИНТОВОЙ ЛИНИИ



131 ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ



обозначается на чертежах только диаметром (например, 1″; ¼″). Каждой резьбе соответствует определенное число ниток на один дюйм (по справочнику). Например, для резьбы 1, ½″, $n = 7$ ниток на 1″, т. е. $S = 1/7$″. Стандартом предусмотрены дюймовые резьбы от $^3/_{16}$″ до 4 с числом ниток n от 24 до 3 на 1″. Для дюймовых резьб принято два класса точности: второй (кл. 2) и третий (кл. 3).

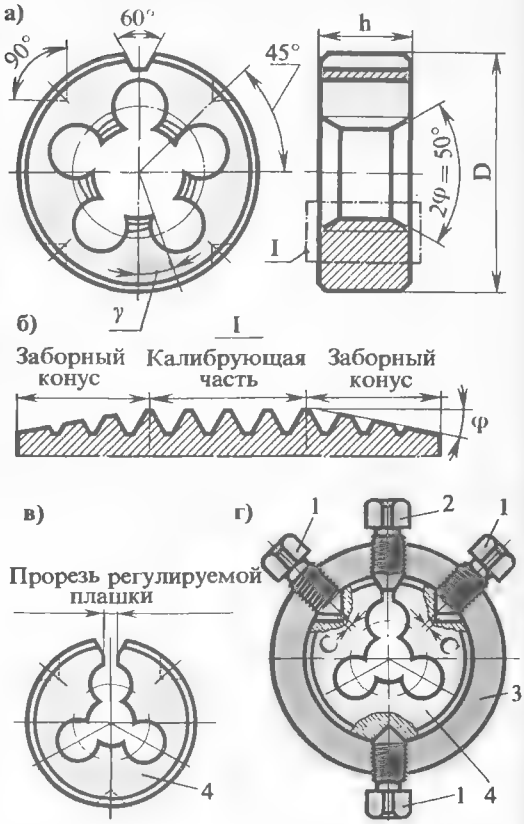
§ 38. Нарезание наружной резьбы

Для нарезания наружной поверхности крепежной резьбы треугольного профиля с шагом до 2 мм применяют плашки. Иногда плашки применяют для калибрования резьбы крупного шага, предварительно нарезанной резцом.

Плашка (рис. 132, *а—г*) похожа на гайку, изготовленную из инструментальной стали и имеющую такую же резьбу, для нарезания которой она предназначена. В плашке в зависимости от ее размеров просверлено 3—8 отверстий, пересекающих резьбу. На пересечении поверхности отверстий с поверхностью резьбы образуются режущие гребенки, причем благодаря фаскам

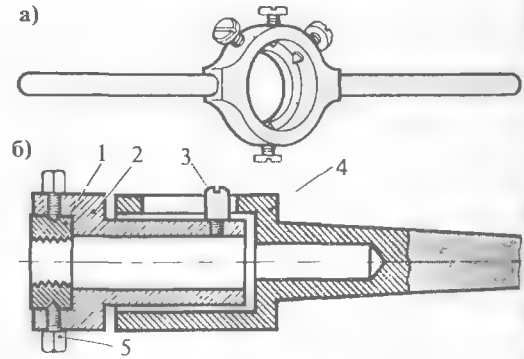
132 РЕЗЬБОНАРЕЗНАЯ ПЛАШКА:

а — вид в плане; б — элементы резьбы плашки; в — разрез плашки; г — закрепление плашки в плашкодержателе: 1 — зажимные винты, 2 — регулирующий винт, 3 — плашкодержатель, 4 — плашка



133 ПЛАШКОДЕРЖАТЕЛИ:

а — ручной; б — самоустанавливающийся, закрепляемый в задней бабке: 1 — плашка, 2 — плашкодержатель, 3 — штифт, 4 — корпус, 5 — винт



на гребенках образуется заборный конус, который выполняет работу резания. На цилиндрической части резьбы образуется калибрующая часть плашки (5—6 ниток), которая калибрует резьбу по размеру и шероховатости.

Плашки используют с двух сторон: после износа заборного конуса с одной стороны плашку переворачивают в плашкодержателе и работу ведут другой стороной. На торце плашки маркируется размер резьбы и материал плашки.

Резьбонарезная плашка крепится в ручном плашкодержателе-воротке (рис. 133, *а*) или в самоустанавливающемся плашкодержателе (рис. 133, *б*), который вставляют в пиноль задней бабки.

Для компенсации износа плашки ее регулируют по среднему диаметру, для чего на плашке имеется прорезь. Регулируют винтами *1*, *2* плашкодержателя (см. рис. 132).

При нарезании резьбы плашкой, закрепленной в ручном плашкодержателе, ее подводят к заготовке, подпирая плашкодержатель торцом пиноли задней бабки; рукоятка плашкодержателя упирается в суппорт. После нарезания двух-трех витков с поджимом дальнейшая подача плашки происходит самонавинчиванием.

Плашкодержатель можно поджимать упором, закрепленным в резцедержателе, а рукоятку плашкодержателя упирать в планку, которая также закреплена в резцедержателе (рис. 134). При работе таким способом следует с о б л ю д а т ь о с т о р о ж н о с т ь, чтобы рука не попала между рукояткой плашкодержателя и планкой.

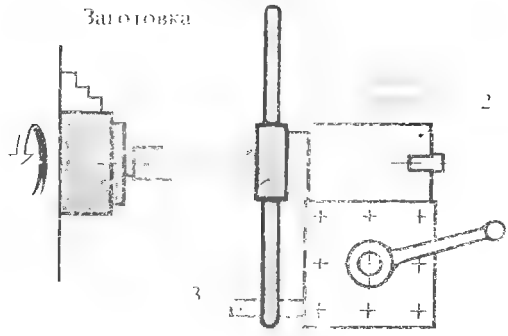
Стержень под нарезание резьбы плашкой обтачивают на диаметр меньший, чем диаметр нарезаемой резьбы, для компенсирования некоторого выдавливания металла.

Перед началом нарезания резьбы на конце заготовки протачивают фаску для облегчения захода плашки. Нарезание резьбы плашками выполняют со скоростью резания 2—4 м/мин по стали и чугуну и до 10 м/мин по цветным металлам. Смазочно-охлаждающая жидкость — эмульсия, минеральное масло или сульфофрезол для стали, керосин — для чугуна.

По такому же принципу, как и плашки, работают с а м о р а с к р ы в а ю щ и е с я р е з ь б о н а р е з н ы е г о л о в к и (рис. 135, *а*, *б*). В корпусе *3* головки имеются радиальные пазы, в которых скользят кулачки с закрепленными на них резьбовыми дисковыми гребенками *1*. Корпус головки закрепляют хвостовиком в задней бабке, а подачу для врезания гребенок осуше-

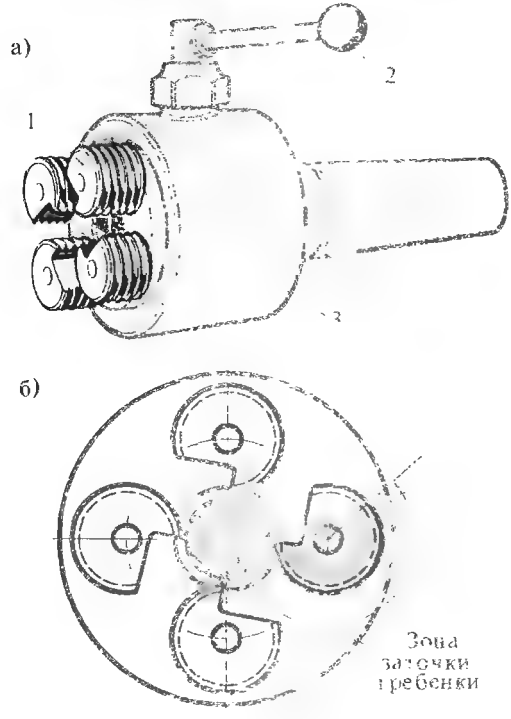
134 НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ ПЛАШКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛАНКИ:

1 — плашкодержатель; *2* — планка



135 САМОРАСКРЫВАЮЩАЯСЯ РЕЗЬБОНАРЕЗНАЯ ГОЛОВКА

а — общий вид; *б* — [illegible] *1* — дисковая гребенка; [illegible] раскрывания головки *3*



ствляют маховичком задней бабки. Дальнейшая подача головки происходит самозатягиванием. Скорость резания при нарезании резьбы резьбонарезными головками 15—20 м/мин. После нарезания резьбы на полную длину головку раскрывают поворотом рукоятки *2* (гребенки радиально расходятся) и отводят от нарезанного стержня без свинчивания.

Резьбонарезные головки обладают высокой стойкостью. Гребенки перетачивают по передней поверхности в заточном отделении.

§ 39. Нарезание внутренней резьбы

Внутренние резьбы диаметром до 20 мм нарезают на токарном станке метчиками (рис. 136). Метчик представляет собой винт тех же диаметра, шага и угла профиля резьбы, что и нарезаемая им резьба, изготовляется из инструментальной стали и имеет продольные стружечные канавки. На пересечении канавок с витками резьбы образуются резьбовые гребенки.

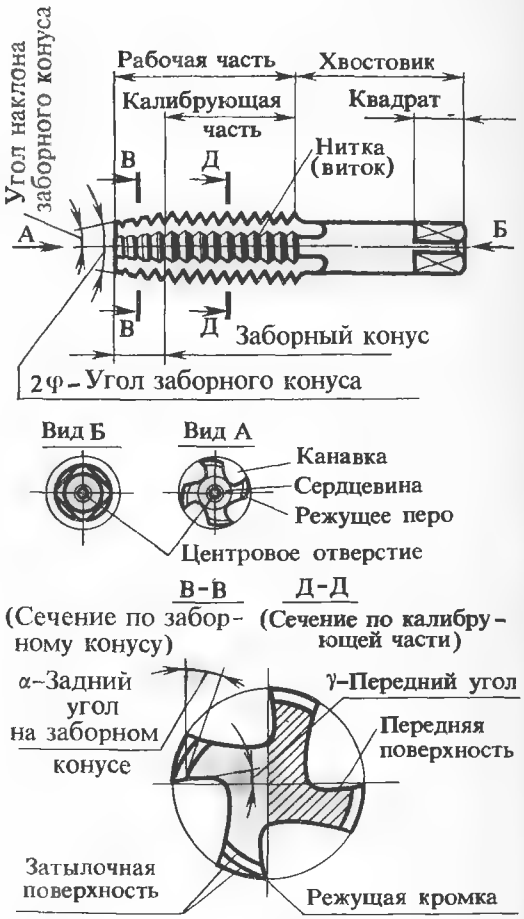
Работа резания выполняется заборной, т. е. конической частью метчика, у которой высота режущих зубцов гребенки постепенно повышается. По мере ввинчивания метчика в отверстие заборная часть прорезает резьбовые канавки: каждый зубец срезает небольшую часть припуска, и после прохода заборной части резьба приобретает полный профиль.

Зубья на заборной части метчика затылованы, т. е. имеют заднюю (затылочную) поверхность, выполненную по архимедовой спирали, благодаря чему образуется задний угол α, облегчающий процесс резания. За заборной частью метчика расположена калибрующая часть, не имеющая затыловки ($\alpha = 0$); она служит для направления метчика по резьбе и для зачистки (калибрования) профиля резьбы.

После затупления метчик можно затачивать по передним поверхностям режущих гребенок, т. е. по дну стружечной канавки. Так как на калибрующей части не имеется заднего угла, то после переточек диаметр резьбы метчика не изменяется.

По числу перьев различают трехперые и четырехперые метчики. Метчики бывают ручные (слесарные) (рис. 137, *а*), машинные (станочные) (рис. 137, *б*) и гаечные с удлиненным хвостовиком (рис. 137, *в*). Ручные метчики применяют комплектом из двух или трех штук (см.

136 ЧАСТИ И ЭЛЕМЕНТЫ МЕТЧИКА



137 МЕТЧИКИ:

а — комплект из трех слесарных, б — машинный, в — гаечный

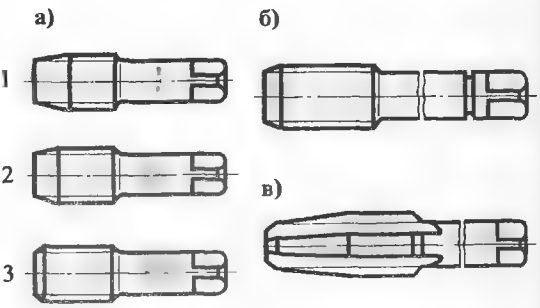


рис. 137, *а*), между которыми распределяется припуск на обработку.

На каждом метчике нанесены марка стали и обозначение резьбы. Для отличия первого, второго и третьего метчиков комплекта на хвостовике метчика нанесено соответствующее количество кольцевых рисок (рис. 137, *а*).

Чтобы метчик направлялся точно по оси обработанного отверстия, его закрепляют в качающуюся самовыдвижную оправку (рис. 138). Оправку устанавливают конусным хвостовиком в пиноль задней бабки, а метчик *1* — хвостовиком в квадратное гнездо подвижной части оправки *2*. При вращающейся заготовке метчик вводится в отверстие и легко подается вращением маховичка задней бабки. Как только заборный конус нарежет две-три нитки, дальнейший поджим метчика не требуется, он будет сам ввинчиваться в резьбу и подвижная часть оправки *2*, следуя за метчиком, будет выдвигаться из корпуса *4*.

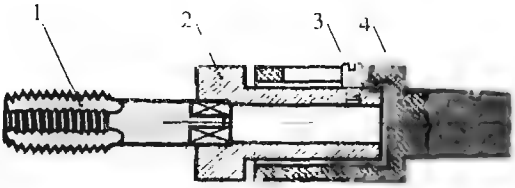
Если отсутствует специальная оправка, пользуются слесарным воротком, который насаживают на квадратный хвостовик метчика. Вороток нельзя удерживать вручную или упирать его в направляющую станины, так как это может привести к перекосу, поломке метчика и травме рабочего. Поэтому следует в резцедержатель установить сверлильную державку с центром (рис. 139) и упорную планку: метчик поджимают центром, а вороток упирают в планку. Так как метчик и планка передвигаются вместе, то перекоса не будет: устраняется опасность брака резьбы и поломки метчика.

Если резьба глухая, то возникает опасность упора метчика в дно отверстия: это неизбежно ведет к поломке метчика и срыву резьбы. Для нарезания глухих резьб применяют специальные патроны с предохранительными муфтами. Показанный на рис. 140 кулачковый патрон состоит из корпуса *6* с коническим хвостовиком, кулачковой подвижной муфты *3*, поджимаемой пружиной *4*, и оправки *2*, в которую вставляют быстросменный патрон *1* для метчика. При упоре метчика в дно отверстия метчик с патроном на мгновение останавливается и кулачки муфты *3* сдвигаются по скосам кулачков оправки *2* и, отжимая пружину *4*, отсоединяют муфту от оправки. При этом передача вращения на метчик прекращается.

Для нарезания резьбы на деталях из нержавеющей и жаропрочной стали применяют «шахматные» метчики со срезанными через один зубцами. Образующаяся между зубцами широкая впадина способствует хорошему размещению

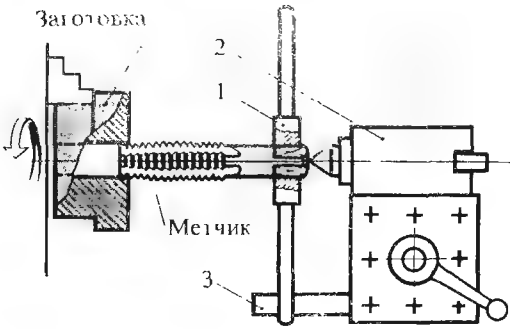
138 КАЧАЮЩАЯСЯ САМОВЫДВИЖНАЯ ОПРАВКА (МЕТЧИКОДЕРЖАТЕЛЬ):

1 — метчик, 2 — подвижная оправка, 3 — штифт, 4 — корпус с хвостовиком



139 НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ МЕТЧИКОМ ПРИ ПОМОЩИ ВОРОТКА И УПОРНОЙ ПЛАНКИ:

1 — оправка, 2 — державка с центром, 3 — упорная планка



140 ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ ПАТРОН ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ МЕТЧИКАМИ:

1 — быстросменный патрон, 2 — оправка, 3 — кулачковая муфта, 4 — пружина, 5 — упорная гайка, 6 — корпус с хвостовиком

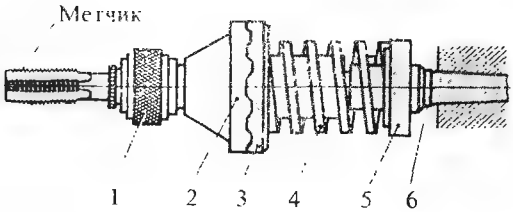


Таблица 11

Виды, причины и меры предупреждения брака при нарезании резьбы плашками и метчиками

Виды брака	Причины	Меры предупреждения
Неполная высота резьбы	Неправильно подготовлена заготовка: занижен диаметр стержня или завышен диаметр отверстия	Размеры стержня или отверстия под резьбу принимать по справочнику и тщательно контролировать их
Неодинаковая высота [illegible] по всей длине	Конусность стержня или отверстия под резьбу	Тщательно контролировать заготовку. Крепить инструмент в подвижной качающейся оправке
	Перекос плашки или метчика в процессе нарезания	Контролировать положение плашки или метчика в момент врезания
Разбивка внутренней [illegible] среднему диаметру Р-НЕ проходит	Завышен средний диаметр калибрующего метчика Большой передний угол, происходит отжим перьев метчика	Заменить метчик
«Усадка» внутренней резьбы по среднему диаметру Р-ПР не проходит	Износ метчика по среднему диаметру	Заменить метчик на более «полный»
Нечистая, «рваная» поверхность резьбы	Чрезмерное затупление инструмента Завышена скорость резания	Заменить инструмент Откорректировать скорость резания по первой детали
«Растяжка» резьбы	Недостаточная смазка Притормаживание инструмента в процессе самовыдвижения подвижной части оправки	Улучшить смазку Устранить перекосы в оправке. Смазать подвижные соединения оправки
Срывы витков, нечистая поверхность резьбы при нарезании самораскрывающимися резьбонарезными головками	Нарушена регулировка головки: гребенки смещены по оси или имеют радиальное биение	Отрегулировать инструмент
	Гребенки затупились Неправильно выбраны режимы резания или смазка	Заменить гребенки Откорректировать режимы резания и выбор смазки по первым деталям

стружки, устраняет опасность заклинивания метчика, уменьшает наростообразование (рис. 141).

В процессе нарезания метчик ввинчивается в резьбу и его затем нужно вывинчивать. Непроизводительное время, затрачиваемое на вывинчивание метчика после нарезания резьбы, можно сократить, применив резьбонарезную головку КБ с задвигающимися внутрь корпуса резьбовыми гребенками (рис. 142). Рукояткой *4* гребенки выводятся в рабочее положение. Когда резьба нарезана на полную длину, упор воздействует на фланец *3* и специальный механизм сдвигает гребенки: головку можно свободно выводить из отверстия. Резьбонарезные головки применяют для нарезания резьб большого диаметра (более 32 мм).

Подготовка отверстия под нарезание резьбы метчиком. При работе метчик выдавливает некоторый слой металла из впадины резьбы и уменьшает диаметр отверстия, что затрудняет нарезание. Поэтому диаметр отверстия должен быть несколько больше внутреннего диаметра резьбы. Так как сталь более подвержена пластической деформации, чем чугун, отверстие под резьбу стальной заготовки выполняют большего диаметра, чем для чугунной заготовки.

Скорость резания при нарезании резьбы метчиками составляет 5—15 м/мин.

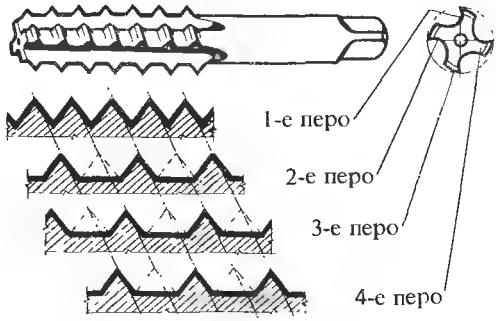
В табл. 11 приведены виды, причины и меры предупреждения брака при нарезании резьбы плашками и метчиками.

§ 40. Накатывание резьбы

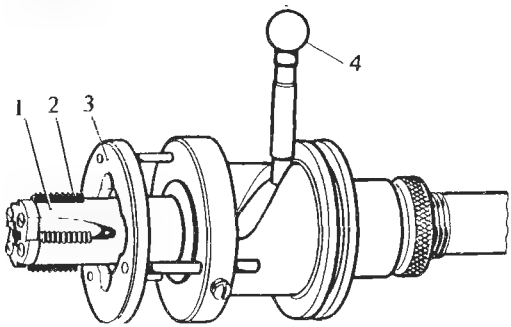
Накатывание заключается в том, что металл заготовки выдавливается из канавок резьбы на нитки (витки). Преимущества накатывания перед нарезанием: волокна металла не перерезаются, а изгибаются и уплотняются, отчего резьба получается прочной и износостойкой; экономится металл, так как диаметр заготовки соответствует не наружному, а среднему диаметру резьбы.

Накатывание резьбы на токарных станках осуществляют накатными регулируемыми плашками (головками) НП-1 (рис. 143). В пазах корпуса головки расположены сухари, к которым на осях крепятся накатные ролики. Ролики имеют кольцевую резьбу, по шагу и профилю соответствующую накатываемой резьбе. Диаметр резьбы регулируют поворотом эксцентриковых шеек всех осей роликов при помощи

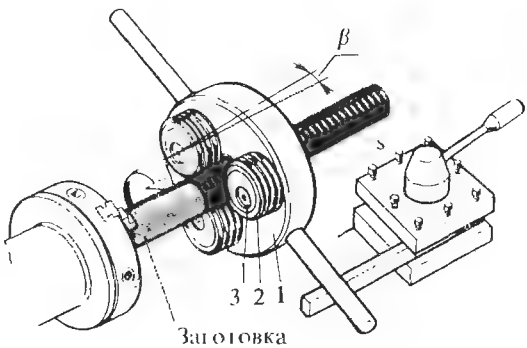
141 «ШАХМАТНЫЙ» МЕТЧИК



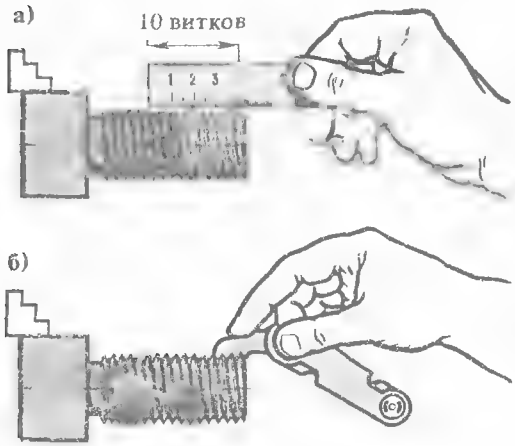
142 РЕЗЬБОНАРЕЗНАЯ ГОЛОВКА КБ:
1 — корпус, 2 — задвигающаяся гребенка, 3 — фланец упора, 4 — рукоятка механизма задвигания гребенок



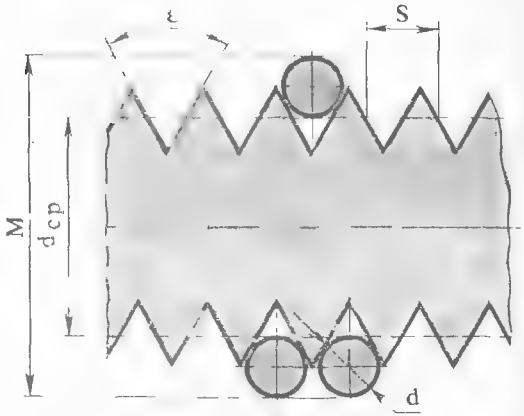
143 НАКАТЫВАНИЕ НАРУЖНОЙ РЕЗЬБЫ:
1 — корпус, 2 — ролик, 3 — ось ролика



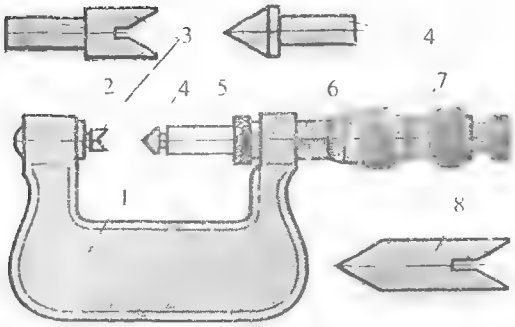
144 КОНТРОЛЬ ШАГА РЕЗЬБЫ:
а — линейкой, б — резьбомером



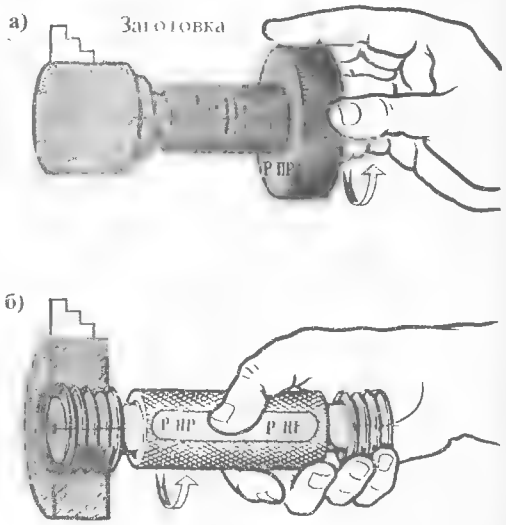
146 КОНТРОЛЬ РЕЗЬБЫ ТРЕМЯ ПРОВОЛОЧКАМИ



145 РЕЗЬБОВОЙ МИКРОМЕТР:
1 — скоба, 2 — пятка, 3 — призматическая вставка, 4 — коническая вставка, 5 — шпиндель, 6 — стебель, 7 — барабан, 8 — шаблон



147 КОНТРОЛЬ РЕЗЬБЫ КАЛИБРАМИ:
а — калибром-кольцом, б — калибром-пробкой



специального устройства. Накатные головки можно закреплять в специальный держатель, который устанавливают в задней бабке или удерживают вручную за рукоятки, так при нарезании резьбы плашками (см. § 78).

Накатывание обеспечивает высокую производительность и точность образования резьбы (до степени $6h$), а также малую шероховатость поверхности витков (до восьмого класса). Внутреннюю резьбу в деталях из легких сплавов получают новым способом — накатыванием (выдавливанием). Инструмент — накатник напоминает метчик: имеет заборный конус и калибрующую часть, но без стружечных канавок. Диаметр отверстия под выдавливание резьбы ориентировочно определяется по формуле $d_{отв} = d_1 - 0{,}4S$, но практически уточняется по первым обработанным деталям. Выдавливанием можно получить резьбу с точностью до степени $5H$ и шероховатостью поверхности до восьмого класса.

§ 41. Измерение и контроль резьбы

На первых деталях изготовляемой партии ориентировочно проверяют масштабной линейкой шаг резьбы, измеряя расстояние через десять или двадцать витков. Полученный размер делят соответственно на 10 или 20, определяя таким образом расстояние между двумя соседними нитками (рис. 144, *а*). Для дюймовой резьбы определяют, сколько ниток укладывается на длине 1″.

Для контроля шага и одновременно угла профиля резьбы пользуются набором шаблонов-резьбомеров. На каждом шаблоне имеется гребенка определенного шага и угла профиля и соответствующее обозначение (например: 60°, 2 мм или 55°, 11 ниток). Прикладывая шаблон гребенкой к резьбе, определяют на просвет совпадение шага и угла профиля гребенки с шагом и углом профиля контролируемой резьбы (рис. 144, *б*).

Средний диаметр резьбы измеряют резьбовым микрометром (рис. 145). В шпинделе 5 и пятке 2 сделано отверстие, в которое устанавливают резьбовые вставки (из набора к микрометру): в шпиндель — коническую 4 с углом, равным углу профиля; в пятку — призматическую 3. При контроле коническую вставку 4 вводят в канавку резьбы, а призматическая 3 охватывает противоположную нитку. Для установки микрометра на нуль служит установочный шаблон 8. Погрешность измерения среднего диаметра микрометром 0,01 мм.

Точный контроль резьб (с погрешностью 0,01 мм) выполняют также обычным микрометром при помощи трех закаленных цилиндрических проволочек, диаметр которых выполнен с высокой точностью. Проволочки входят во впадины резьбы (рис. 146). Микрометром измеряют размер M по проволочкам, а средний диаметр резьбы рассчитывают по формулам:

для метрической резьбы

$$d_{ср} = M - 3d + 0{,}866S;$$

для дюймовой резьбы:

$$d_{ср} = M - 3{,}166d + 0{,}961S,$$

где d — диаметр проволочки.

В массовом производстве точность резьбовых изделий контролируют предельными калибрами: наружную резьбу резьбовыми кольцами (рис. 147, *а*), а внутреннюю — резьбовыми пробками (рис. 147, *б*). Проходной калибр ПР имеет полный профиль резьбы и должен свинчиваться с контролируемым резьбовым изделием на полную длину резьбы; непроходной калибр НЕ имеет всего два-три витка и укороченный профиль. Непроходной калибр может свинчиваться с резьбой не более чем на 1—2 нитки.

Не допускается контроль резьб до полной остановки станка.

Контрольные вопросы

1. Какими элементами характеризуется резьба?
2. Чем отличается метрическая резьба от дюймовой?
3. Как устроена и работает резьбонарезная головка?
4. Назовите части, элементы и укажите особенности геометрии метчика.
5. Какие достоинства имеет накатывание резьбы?
6. Как и чем контролируют наружные и внутренние резьбы?

Глава VI
Обработка конических поверхностей

§ 42. Общие сведения о конических поверхностях

Виды и элементы конических поверхностей. В технике часто используют детали с наружными и внутренними коническими поверхностями, например конические шестерни, ролики конических подшипников. Инструменты для обработки отверстий (сверла, зенкеры, развертки) имеют хвостовики со стандартными конусами Морзе; шпиндели станков — конусную расточку под хвостовики инструментов или оправок; две конические поверхности имеет токарный центр.

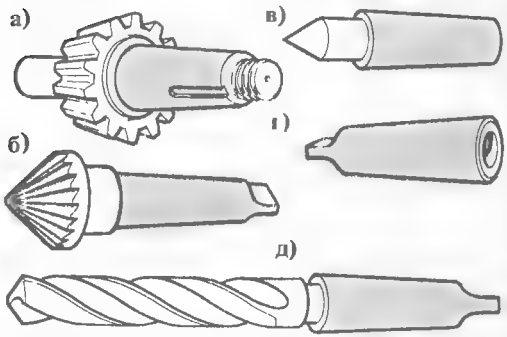
Некоторые типовые детали с коническими поверхностями показаны на рис. 148, *а—д*.

Конические поверхности характеризуются следующими элементами (рис. 149, *а*): углом конуса 2α — между двумя образующими, лежащими в одной плоскости; углом уклона α — между осью и образующей конуса; уклоном $У$ — тангенсом угла уклона ($У = \mathrm{tg}\alpha = \frac{D-d}{2l}$); конусностью, или удвоенным уклоном, определяемым по формуле

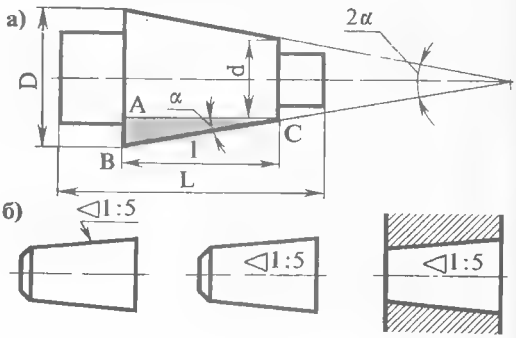
$$k = \frac{D-d}{l}.$$

148 ТИПОВЫЕ ДЕТАЛИ, ИМЕЮЩИЕ КОНИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ:

а — коническое зубчатое колесо, б — коническая зенковка, в — центр токарного станка, г — переходная втулка, д — сверло с коническим хвостовиком



149 ЭЛЕМЕНТЫ КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ (*а*). УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ КОНУСНОСТИ НА ЧЕРТЕЖАХ (*б*)



Условные обозначения конусности на чертежах показаны на рис. 149, *б*.

§ 43. Способы обработки наружных конических поверхностей

Обработка конических поверхностей широким резцом. Конические поверхности длиной 20—25 мм обрабатывают широким резцом (рис. 150, *б*). Для получения необходимого угла применяют установочный шаблон, который прижимают к заготовке, а к его наклонной рабочей поверхности подводят резец, затем шаблон убирают и резец подают к заготовке (рис. 150, *а*).

Обработка конических поверхностей при повернутых верхних салазках суппорта (рис. 151, *а*, *б*). Поворотная плита суппорта вместе с верхними салазками может поворачиваться относительно поперечных салазок, для этого освобождают гайки винтов крепления плиты. Контроль угла поворота с точностью до одного градуса осуществляют по делениям поворотной плиты.

Поворотную плиту суппорта точно настраивают на требуемый угол поворота при помощи индикатора по предварительно изготовленной

детали эталону. Индикатор закрепляют в резцедержатель, а наконечник индикатора устанавливают точно по центру и подводят к конической поверхности эталона вблизи меньшего сечения, при этом стрелка индикатора ставится на нуль; затем суппорт перемещают так, чтобы штифт индикатора касался заготовки, а стрелка все время находилась на нуле. Положение суппорта фиксируют зажимными гайками.

Достоинства способа: возможность обработки конусов с любым углом уклона, простота наладки станка.

Недостатки способа: невозможность обработки длинных конических поверхностей так как длина обработки ограничена длиной хода верхних салазок суппорта (например, у станка 1К62 длина хода 180 мм); обтачивание ведут при ручной подаче, что снижает производительность и качество обработки.

Обработку конических поверхностей при повернутых верхних салазках суппорта можно механизировать, применив приспособление (рис. 152). Гибкий вал *2* получает вращение от ходового винта или от ходового вала станка через спиральные зубчатые колеса и передает вращение на рукоятку винта верхних салазок.

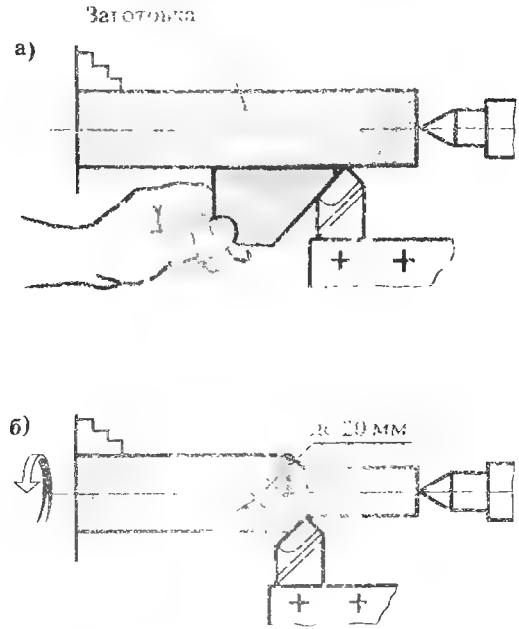
Некоторые токарные станки (16К20, 163 и др.) имеют механизм передачи вращения на винт верхних салазок суппорта. На таком станке независимо от угла поворота можно получить автоматическую подачу верхних салазок.

Если наружная коническая поверхность вала и внутренняя коническая поверхность втулки должны сопрягаться, то конусность сопрягаемых поверхностей должна быть одинакова. Чтобы обеспечить одинаковую конусность, обработку таких поверхностей выполняют без переналадки положения поворотной плиты (рис. 153, *а*, *б*). При этом для обработки конусного отверстия применяют расточный резец с головкой, отогнутой вправо от стержня, а шпинделю сообщают обратное вращение.

Обработка конических поверхностей способом смещения задней бабки. Длинные наружные конические поверхности обрабатывают способом смещения корпуса задней бабки. Заготовку устанавливают в центрах. Корпус задней бабки при помощи винта смещают в поперечном направлении так, что заготовка становится «на перекос». При включении подачи каретки суппорта резец, перемещаясь параллельно оси шпинделя, будет обтачивать коническую поверхность (рис. 154).

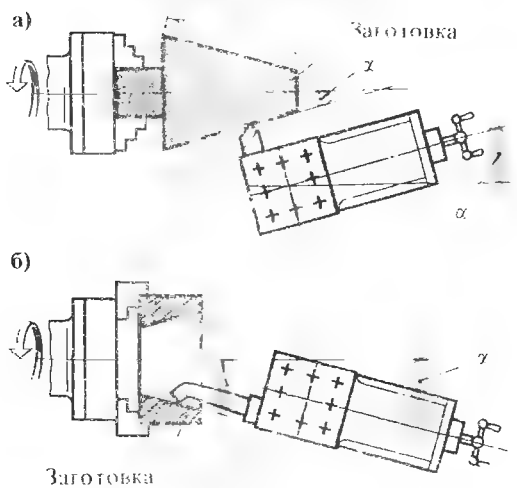
150 ОБРАБОТКА КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОНУСА ВРАРСКИМ РЕЗЦОМ.

а — установка ... на обработку



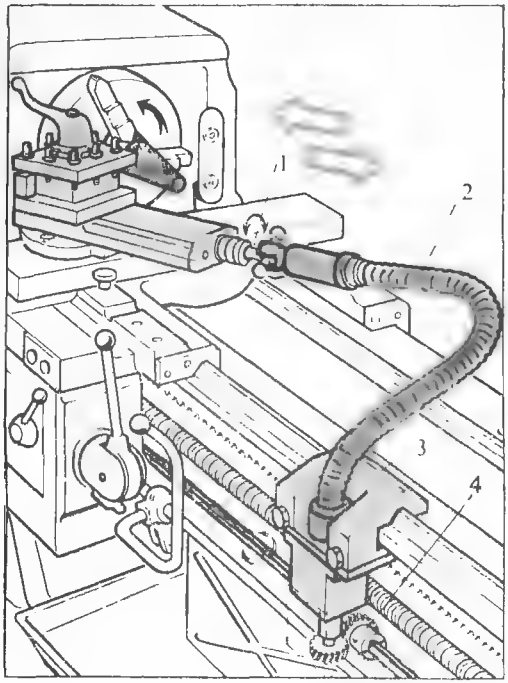
151 ОБРАБОТКА КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ... ПРИ ПОВЕРНУТЫХ ВЕРХНИХ САЛАЗКАХ СУППОРТА:

а — обтачивание ... б — расточивание внутренней ... на ...



152 ПРИСПОСОБЛЕНИЕ С ГИБКИМ ВАЛОМ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ ВЕРХНИХ САЛАЗОК ПРИ ОБРАБОТКЕ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ (КОНУСОВ):

1 — рукоятка винта верхних салазок суппорта; 2 — гибкий вал; 3 — корпус приспособления; 4 — зубчатая передача



Величину смещения H задней бабки определяют из треугольника ABC (см. рис. 154):

$$H = L\sin\alpha.$$

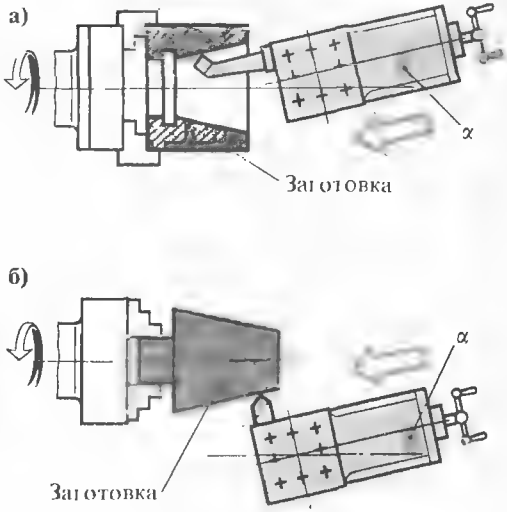
Из тригонометрии известно, что для малых углов (до 10°) синус практически равен тангенсу угла. Например, для угла 7° синус равен 0,120, а тангенс — 0,123. Способом смещения задней бабки обрабатывают, как правило, заготовки с малыми углами уклона, поэтому можно считать, что $\sin\alpha = \mathrm{tg}\,\alpha$. Тогда

$$H = L\,\mathrm{tg}\,\alpha = L\frac{D-d}{2l} = \frac{L(D-d)}{2l}\text{ мм.}$$

Допускается смещение задней бабки на ±15 мм.

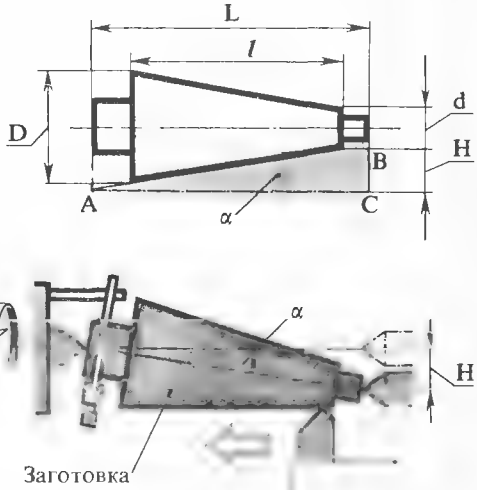
153 ОБРАБОТКА КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ (КОНУСОВ) БЕЗ ПЕРЕНАЛАДКИ ВЕРХНИХ САЛАЗОК СУППОРТА:

а — растачивание внутренней поверхности; б — обтачивание наружной поверхности; α — угол уклона конуса



154 ОБРАБОТКА НАРУЖНОЙ КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ (КОНУСА) СПОСОБОМ СМЕЩЕНИЯ ЗАДНЕЙ БАБКИ:

H — величина смещения задней бабки



Величину смещения корпуса задней бабки относительно плиты контролируют по делениям на торце плиты или при помощи лимба поперечной подачи. Для этого в резцедержателе закрепляют планку, которая подводится к пиноли задней бабки: положение фиксируется лимбом. Затем поперечные салазки отводят назад на расчетную величину по лимбу и заднюю бабку смещают до соприкосновения с планкой.

Наладку станка на обтачивание конусов способом смещения задней бабки можно выполнять по эталонной детали, которую закрепляют в центрах и смещают заднюю бабку, контролируя индикатором параллельность образующей поверхности эталонной детали к направлению подачи. Контроль можно также осуществить при помощи резца и полоски бумаги: резец соприкасают с конической поверхностью по меньшему, а затем по большему диаметрам так, чтобы между резцом и этой поверхностью протягивалась полоска бумаги с некоторым сопротивлением (рис. 155)

На рис. 156, *а* показано положение центра в центровом отверстии заготовки при обработке конических поверхностей способом смещения задней бабки. Чтобы во время вращения заготовки не повредилось центровое отверстие, применяют шариковый центр (рис. 156, *б*). Вращение заготовке должно передаваться только хомутиком: крепление в патроне недопустимо.

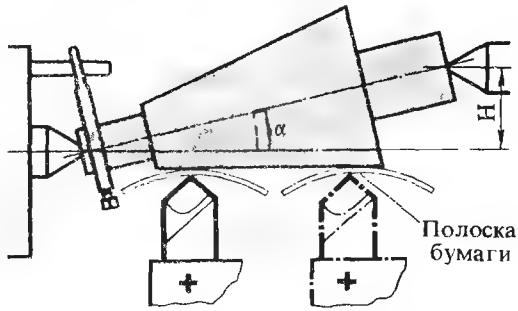
Достоинства обработки конических поверхностей способом смещения задней бабки: возможность обработки длинных заготовок и возможность автоматической подачи суппорта.

Недостатки: невозможность обработки внутренних конусов и конусов с большим углом.

§ 44. Обработка конических поверхностей при помощи копировальной (конусной) линейки

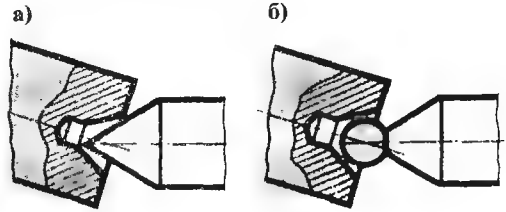
При изготовлении больших партий деталей конические поверхности целесообразно обрабатывать при помощи копировальной (конусной) линейки (рис. 157). Конусная линейка *3* расположена на плите *2* сзади станка и может поворачиваться на некоторый угол α, который отсчитывают по угловой шкале. Поперечные салазки суппорта станка отсоединяют от своего винта и тягой *6* с сухарем *5* присоединяют к конусной линейке *3*.

155 СХЕМА НАЛАДКИ ТОКАРНОГО СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ (КОНУСА) СПОСОБОМ СМЕЩЕНИЯ ЗАДНЕЙ БАБКИ



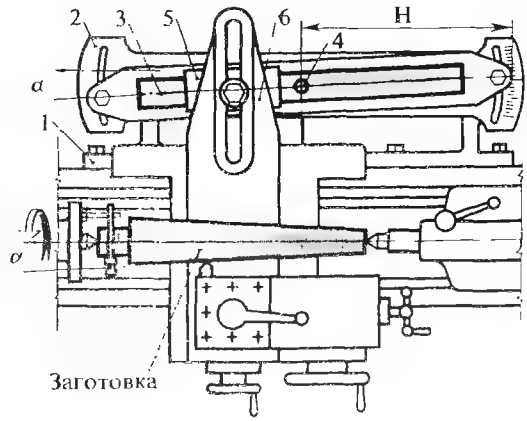
156 ПОЛОЖЕНИЕ ЗАГОТОВКИ НА СМЕЩЕННЫХ ЦЕНТРАХ:

а — на обычном, б — на шариковом



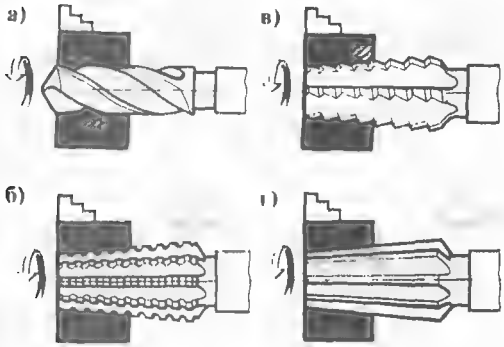
157 ОБРАБОТКА КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОМОЩИ КОПИРОВАЛЬНОЙ (КОНУСНОЙ) ЛИНЕЙКИ:

1 — кронштейн, 2 — плита, 3 — конусная линейка, 4 — палец, 5 — сухарь, 6 — тяга



158 ОБРАБОТКА СТАНДАРТНОГО КОНИЧЕСКОГО ОТВЕРСТИЯ:

а — сверление, б, в — зенкерование ступенчатыми зенкерами, г — развертывание



При продольной подаче поперечные салазки суппорта под действием линейки смещаются в поперечном направлении. В результате резец движется под углом к оси заготовки и обрабатывает коническую поверхность с углом уклона α.

Способ обеспечивает высокопроизводительную и точную обработку наружных и внутренних конусов с углом уклона до $\alpha = 10 \div 12°$. Для обработки конусов с большими углами уклона сочетают смещение задней бабки и наладку по конусной линейке. Для этого линейку поворачивают на максимально допустимый угол поворота α_1, а смещение задней бабки рассчитывают как при обточке конуса, у которого угол уклона равен разности между заданным углом α и углом поворота линейки α_1, т. е.

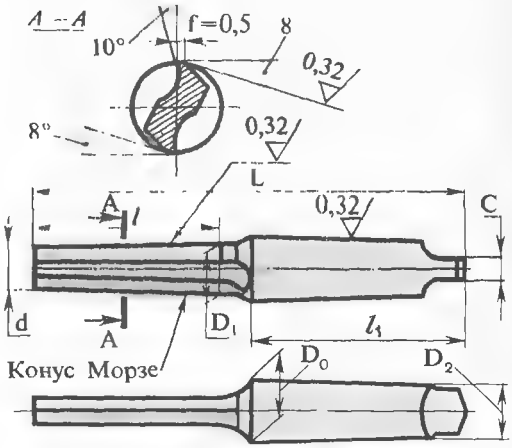
$$H = L\mathrm{tg}(\alpha - \alpha_1).$$

§ 45. Обработка внутренних конических поверхностей

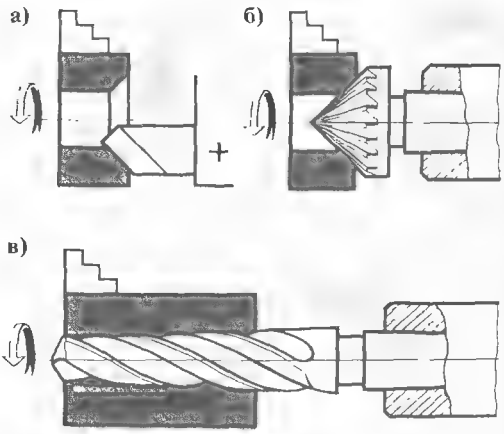
Внутренние конические поверхности растачивают при подаче резца повернутыми верхними салазками суппорта, а также при помощи конусной линейки. Предварительно сверлят отверстие, диаметр которого меньше малого диаметра конуса. Для облегчения растачивания отверстие подготавливают ступенчатым рассверливанием.

Стандартные конические отверстия с небольшим углом уклона (например, конус Морзе)

159 ДВУХЗУБЫЙ КОНИЧЕСКИЙ ЗЕНКЕР ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТАНДАРТНЫХ КОНУСОВ МОРЗЕ



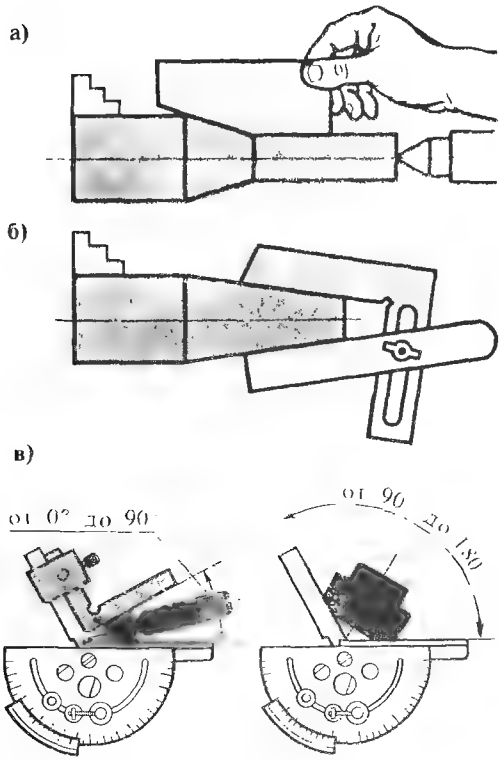
160 ОБРАБОТКА КОРОТКИХ ВНУТРЕННИХ КОНУСОВ (*а*), ЗЕНКОВАНИЕ ФАСКИ (*б*), СВЕРЛЕНИЕ КОНИЧЕСКОГО ОТВЕРСТИЯ ПОД ШТИФТ (*в*)



могут быть обработаны набором конических зенкеров и разверток. После сверления (рис. 158, *а*) отверстие обрабатывают двумя ступенчатыми зенкерами (рис. 158, *б*), затем окончательно — конической разверткой с глад-

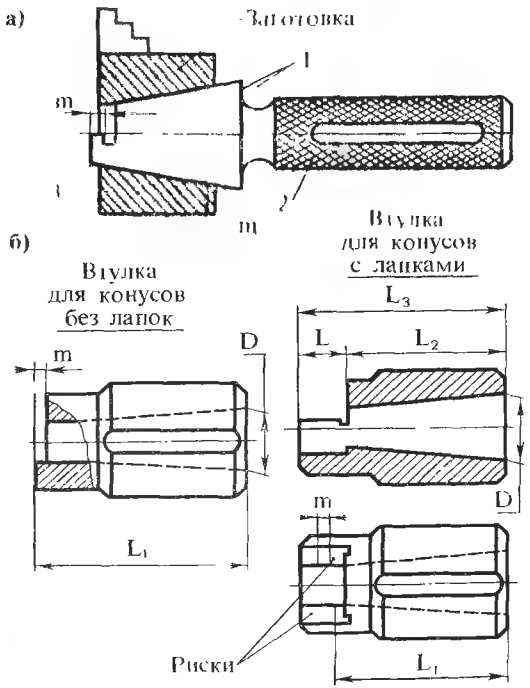
161 КОНТРОЛЬ УГЛА КОНУСА КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ:

а — жестким шаблоном, б — регулируемым шаблоном, в — универсальным угломером



162 КОНУСНЫЕ КАЛИБРЫ:

а — контроль внутренней конической поверхности (конуса) калибром-пробкой, б — калибры-втулки для контроля наружных инструментальных конусов: 1 — контрольные риски, 2 — рукоятка, 3 — пробка



кими зубьями (рис. 158, *в*, *г*). Для обработки стандартных инструментальных внутренних конусов применяют специальный инструмент — двухперый конический зенкер (рис. 159). Короткие внутренние конусы обрабатывают резцом или зенковкой (рис. 160, *а*, *б*). Конические отверстия под стандартные штифты сверлят специальными коническими сверлами (рис. 160, *в*).

§ 46. Контроль конических поверхностей

Угол конуса конических поверхностей контролируют нерегулируемыми (жесткими) (рис. 161, *а*) или регулируемыми угловыми шаблонами (рис. 161, *б*). Точность угла конуса определяют по зазору между конической поверхностью и шаблоном: если обнаружен зазор у большого основания, то угол конуса меньше заданного, если зазор у малого основания, то угол конуса больше заданного. Угол конуса измеряют универсальным угломером (рис. 161, *в*).

В условиях единичного производства широко применяют контроль конусов «на краску». Контрольный конус с нанесенной на его поверхность полоской краски сопрягают с контролируемой деталью. После проворачивания конуса относительно сопрягаемой детали полоска краски стирается в местах наиболее плотного соприкосновения конических поверхностей, что позволяет судить о полноте сопряжения поверхностей, т. е. о точности обработки.

В серийном и массовом производстве конические поверхности контролируют предельными конусными калибрами: пробками и втулками (рис. 162, *а*, *б*). Расстояние между рисками или размер уступа на торце калибра (*m*) соответствует допуску на конусность. Если одна риска на пробке зашла в контролируемое отверстие, а вторая не вошла (см. рис. 162, *а*), то конус

163 ВИДЫ БРАКА ПРИ ОБРАБОТКЕ ВНУТРЕННИХ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ:

а, б — угол конуса правильный, но неточны размеры большого и малого оснований; в, г — угол конуса не соответствует указанному в чертеже

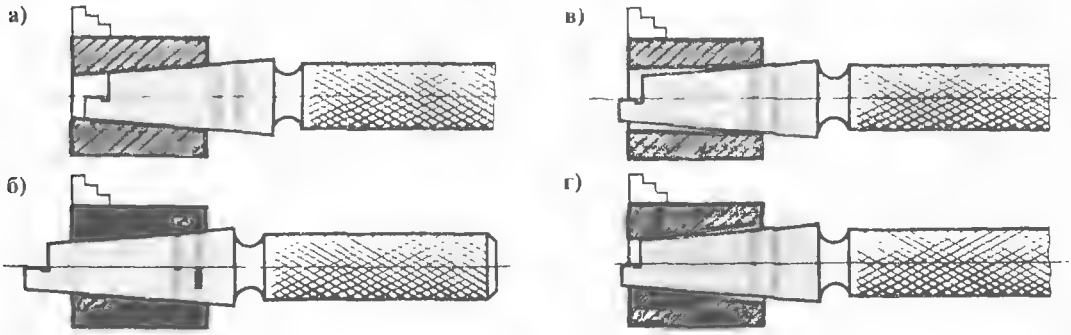


Таблица 12

Брак при обработке конических поверхностей и меры его предупреждения

Виды брака	Причины	Меры предупреждения
Угол конуса правильный, но неточны размеры большого и малого оснований (рис. 163, *а, б*)	Неточность установки по лимбу поперечной подачи	Тщательно установить размер по лимбу при окончательном проходе
Угол конуса не соответствует *указанному в чертеже* (рис. 163, *в, г*)	Неточность поворота верхней части суппорта на заданный угол	Отрегулировать угол поворота плиты
	Отжим поворотной плиты в процессе обработки	Надежно закрепить поворотную плиту
	Неточность смещения задней бабки на расчетную величину	Отрегулировать величину смещения задней бабки
	Неточность установки конусной линейки	Отрегулировать установку конусной линейки
	Погрешность угла заточки резца или угла конической развертки	Выдержать точно углы заточки инструмента
Угол конуса правильный, но неточен диаметр одного из оснований	Нарушена точность длины заготовки	Тщательно контролировать заготовку по длине
Образующая конуса криволинейна	Резец установлен выше или ниже центра	Установить резец точно по центру

правильный. Аналогично для калибра-втулки с уступом: если торец контролируемого конуса окажется в пределах рисок на уступе, то конус правильный (см. рис. 162, *б*). Более точный контроль конусов при помощи специальных приборов выполняют в измерительных лабораториях.

В табл. 12 приведены виды, причины и меры предупреждения брака при обработке конических поверхностей.

Контрольные вопросы

1. **Назовите детали, имеющие конические поверхности.**
2. **Какими элементами характеризуются конические поверхности?**
3. **Укажите достоинства и недостатки обработки конусов при повернутых верхних салазках суппорта и способом смещения задней бабки.**
4. **Как рассчитать величину смещения задней бабки для обточки длинного конуса?**
5. **Как устроена и работает конусная линейка?**
6. **Как обрабатывают внутренние конические поверхности?**

Глава VII
Типовые механизмы станков

§ 47. Передачи

Ременная передача (рис. 164, *а*) состоит из двух шкивов, один из которых ведущий (диаметр D_1, частота вращения n_1), а второй ведомый (диаметр D_2, частота вращения n_2). Отношение диаметра ведущего шкива к диаметру ведомого шкива или отношение частот вращения ведомого и ведущего шкивов называется передаточным отношением ременной передачи и обозначается

$$i_{\text{рем}} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Практически $i_{\text{рем}} = \frac{D_1}{D_2} \cdot 0{,}985,$

где 0,985 — коэффициент, учитывающий некоторое проскальзывание ремня на шкивах.

Зубчатая передача (рис. 164, *б*) состоит из двух зубчатых колес, одно из которых — ведущее (число зубьев z_1, частота вращения n_1), а второе — ведомое (число зубьев z_2, частота вращения n_2).

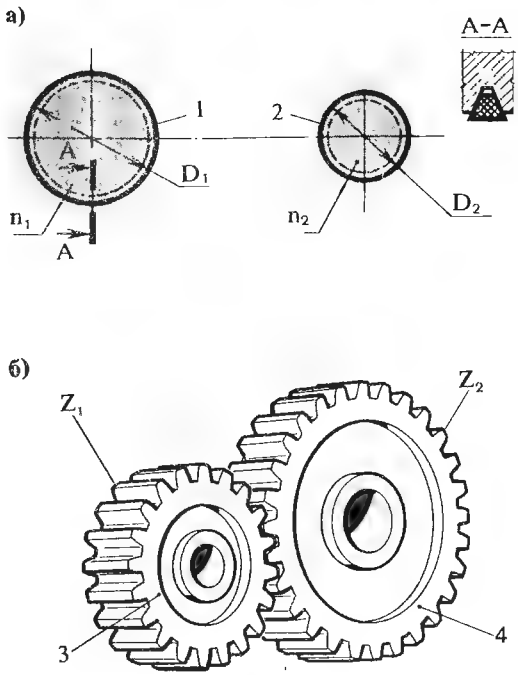
Передаточное отношение зубчатой передачи равно отношению чисел зубьев ведущего и ведомого зубчатых колес, т. е.

$$i_{\text{зуб}} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Зубчатая передача может быть простой, состоящей из двух зубчатых колес, и сложной,

164 ПЕРЕДАЧИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТАНКАХ:

а — ременная, б — зубчатая, шкивы: 1 — ведущий, 2 — ведомый; колеса: 3 — ведущее, 4 — ведомое



состоящей из последовательно расположенных простых передач.

Передаточное отношение сложной передачи равно произведению передаточных отношений простых передач, входящих в сложную передачу

$$i = i_1 i_2 i_3 \text{ и т. д.}$$

Виды сложных передач. Ниже рассмотрены сложные передачи: с промежуточным колесом, блок колес, червячная, винтовая, реечная.

Передача с промежуточным зубчатым колесом (рис. 165, *а*). Между ведущим z_1 и ведомым z_3 зубчатыми колесами находится промежуточное колесо z_2. Передаточное отношение такой передачи будет

$$i = i_1 i_2 = \frac{z_1 z_2}{z_2 z_3} = \frac{z_1}{z_3}.$$

Следовательно, промежуточное колесо не влияет на величину передаточного отношения передачи, поэтому его называют «паразитным». Наличие промежуточного колеса влияет на направление вращения последнего вала передачи. Это свойство промежуточного зубчатого колеса передачи используется в реверсах механизмах для изменения направления вращения ведомого вала.

Ведущее зубчатое колесо второй пары находится на одной оси с ведомым колесом первой пары, или изготовлено заодно с нею, образуя блок колес (рис. 165, *б*). В этом случае передаточное отношение передачи будет

$$i = i_1 i_2 = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4}$$

Если в передаче движения от первого вала к последнему участвуют последовательно три пары колес (рис. 165, *в*), то передаточное отношение всей передачи будет

$$i = i_1 i_2 i_3 = \frac{z_1 z_3 z_5}{z_2 z_4 z_6}$$

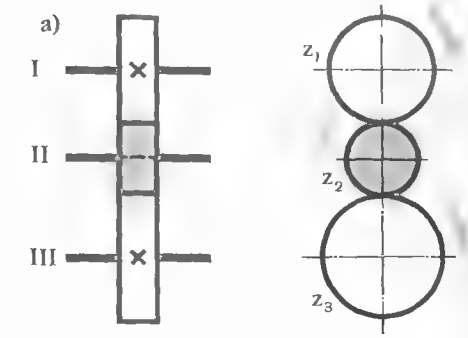
Совокупность всех передач называется кинематической цепью. Передаточное отношение кинематической цепи является произведением передаточных отношений всех элементарных передач (пар):

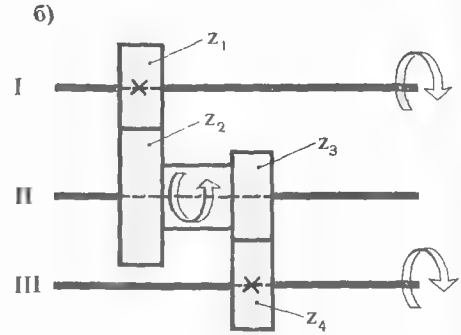
$$i_{\text{общ}} = i_1 i_2 i_3 \ldots i_{k-1} i_k = \frac{n_k(\text{ведомое})}{n_1(\text{ведущее})},$$

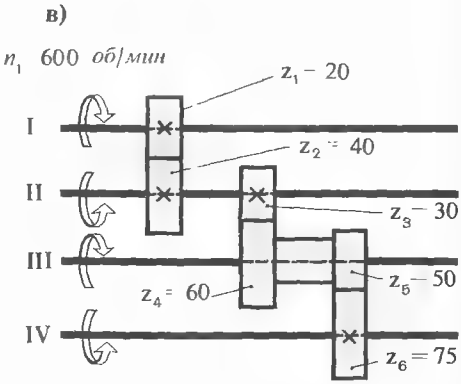
$$n_k = n_1 i_{\text{общ}}.$$

165 ЗАЦЕПЛЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС:

а — в одну пару с промежуточным («паразитным») зубчатым колесом; б — две пары; в — три пары







Это уравнение называется уравнением кинематической цепи.

Зная частоту вращения ведущего звена цепи и передаточные отношения всех промежуточных передач, с помощью этого уравнения можно определить частоту вращения последнего (ведомого) звена цепи.

Червячная передача (или червячная пара) состоит из червяка и сопряженного с ним червячного колеса (рис. 166). Червяк — это винт, имеющий трапецеидальный профиль с шагом, кратным числу π ($S = \pi m$). Червяк может быть однозаходным и многозаходным. При повороте червяка на один оборот червячное колесо поворачивается на один шаг (т. е. на один зуб), если червяк однозаходный, и на K зубьев, если червяк K-заходный. Передаточное отношение червячной передачи будет

$$i_{\text{чер}} = \frac{K}{z_{\text{ч.к}}},$$

где $z_{\text{ч.к}}$ — число зубьев червячного колеса.

Направление вращения червячного колеса зависит от направления вращения червяка, направления витков червяка (червяки бывают правые и левые) и от того, с какой стороны червячного колеса сопрягается с ним червяк.

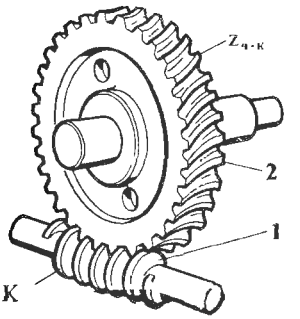
Червячное колесо, показанное на рис. 166, будет вращаться против часовой стрелки, так как червяк левый и вращается по часовой стрелке.

Винтовая передача (рис. 167, *а*) состоит из винта и гайки. Винтовая передача является простейшим механизмом для преобразования вращательного движения в поступательное. За один оборот винт перемещается в гайке (или гайка по винту) на один шаг S; за n оборотов винта перемещение винта или гайки составит Sn мм. Если винт многозаходный, то за n оборотов винта осевое перемещение составит nSK мм, где K — число заходов винта.

Реечная передача представляет собой зубчатое колесо, сопряженное с рейкой (рис. 167, *б*). Этот механизм также служит для преобразования вращательного движения в поступательное. При повороте зубчатого колеса на один зуб, поступательное перемещение будет равно одному шагу, т. е. πm мм. Если реечное зубчатое колесо вращается с частотой n об/мин, то за это время путь поступательного движения рейки составит $n\pi m$ мм.

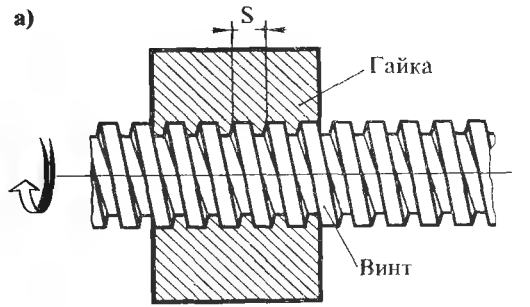
166 ЧЕРВЯЧНАЯ ПЕРЕДАЧА:

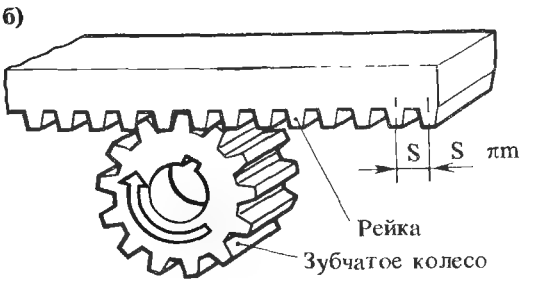
1 — червяк, 2 — червячное колесо



167 МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ В ПОСТУПАТЕЛЬНОЕ:

а — винтовой, б — реечный





§ 48. Элементы коробок скоростей и коробок подач

Понятие о ряде частот вращения. Обработка на токарных станках ведется с различной скоростью резания. Для различных диаметров заготовок регулировать скорость резания можно только изменением частоты вращения обрабатываемой заготовки, т. е. частоты вращения шпинделя.

Частоту вращения шпинделя станка изменяют при помощи специального механизма — коробки скоростей. Коробка скоростей обеспечивает получение на шпинделе станка различных частот вращения, изменяемых в геометрической прогрессии: каждая последующая ступень частот вращения получается умножением предыдущей на постоянное число φ, называемое знаменателем прогрессии, т. е.

$$n_2 = n_1\varphi\ ;\ n_3 = n_2\varphi = n_1\varphi\varphi = n_1\varphi^2;$$

$$n_4 = n_3\varphi = n_1\varphi^2\varphi = n_1\varphi^3\ ;\qquad n_5 = n_1\varphi^4;$$

$$n_k = n_1\varphi^{k-1};\ n_{макс} = n_{мин}\varphi^{k-1};$$

$$\varphi^{k-1} = \sqrt{\frac{n_{макс}}{n_{мин}}}$$

где k — число ступеней заданного ряда частот вращения; $n_{макс}$ — максимальная частота вращения; $n_{мин}$ — минимальная частота вращения.

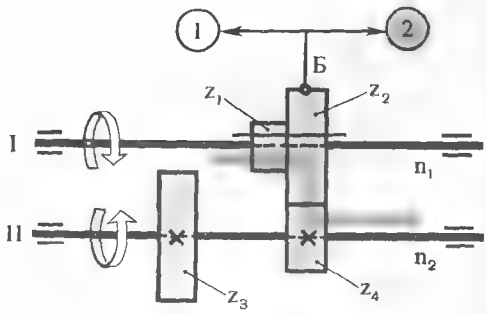
Ниже описаны механизмы коробки скоростей, имеющиеся, как правило, во всех токарных станках.

Механизм с передвижным блоком является простейшим механизмом для изменения частот вращения ведомого вала при постоянной частоте вращения ведущего вала (рис. 168). На ведущем валу *I* находится передвижной блок *Б* (z_1 — z_2), сидящий на шлицах (крутящий момент от блока к валу или от вала к блоку передается шлицами). На ведомом валу *II* закреплены неподвижно два зубчатых колеса с числами зубьев z и z_4. При правом положении блока *Б* в зацеплении находятся зубчатые колеса z_2 и z_4, при этом передаточное отношение будет

$$i_1 = \frac{z_2}{z_4}.$$

168 МЕХАНИЗМ С ПЕРЕДВИЖНЫМ БЛОКОМ:

1, 2 — положения при различных переключениях блоков



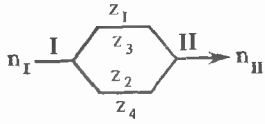
При левом положении блока *Б* в зацепление войдут зубчатые колеса z_1 и z_3, передаточное отношение будет

$$i_2 = \frac{z_1}{z_3}.$$

Таким образом, вал *II* может получить две различные частоты вращения:

$$n_{II_1} = n_I\frac{z_1}{z_3};\quad n_{II_2} = n_I\frac{z_2}{z_4}.$$

Графически передачу вращения от вала *I* на вал *II* можно изобразить такой структурной схемой:

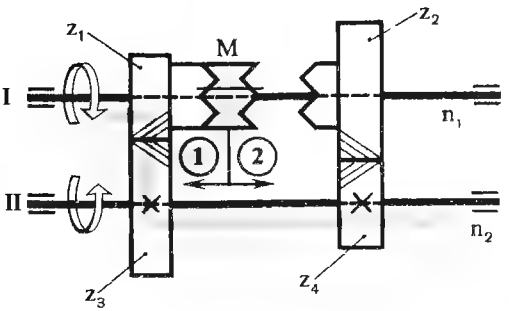


Аналогично устроена передача с тройным передвижным блоком, дающая три различных частоты вращения ведомому валу. Перемещение блоков вдоль вала осуществляется специальным рычажным механизмом, связанным соответствующей рукояткой, находящейся на передней стенке коробки скоростей. Если скомпоновать последовательно два или несколько механизмов с передвижными блоками, то получим простейшую коробку скоростей.

Механизм с переключающей кулачковой муфтой (рис. 169). На ведущем валу *I* свободно сидят зубчатые колеса z_1 и z_2, а на ведомом валу *II* неподвижно закреплены два зубчатых колеса z_3 и z_4, сопряженные

169 МЕХАНИЗМ С ПЕРЕКЛЮЧАЮЩЕЙ МУФТОЙ:

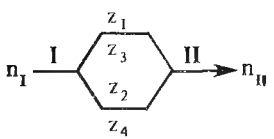
1, 2 — положения при различных включениях муфты



соответственно z с z_1, а z_4 с z_2. На торцах колес z_1 и z_2 имеются кулачки, а между колесами на шлицах вала сидит кулачковая муфта M, имеющая также кулачки на торцах.

Если включить муфту влево (положение *1*), то кулачки ее соединятся с кулачками зубчатого колеса z_1 и свяжут его с валом. При правом положении муфты M к валу присоединяется зубчатое колесо z_2. В зависимости от положения муфты передача движения от вала *I* к валу *II* будет идти через зубчатые колеса $z_1 - z_3$ (передаточное отношение $\frac{z_1}{z_3}$) или через зубчатые колеса $z_2 - z_4$ (передаточное отношение $\frac{z_2}{z_4}$) и на ведомом валу *II* можно получить две различные частоты вращения, т. е.

$$n_{II_1} = n_I \frac{z_1}{z_3}; \quad n_{II_2} = n_I \frac{z_2}{z_4}.$$



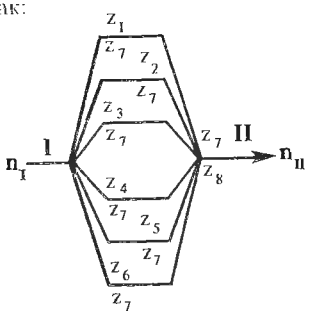
Обычно механизм с кулачковой муфтой компонуется в коробках скоростей в сочетании с передвижными блоками (рис. 170, *а*, *б*). При включении муфты M_1 влево (положение *1*) вращение от втулки с колесами $z_5 = 35$; $z_6 = 25$; $z_7 = 40$ передается непосредственно шпинделю, а при включении муфты M_1 вправо (положение *2*) вращение от втулки передается шпинделю через дополнительную передачу с передаточным отношением:

$$\frac{z_4 z_{10}}{z_9 z_8} = \frac{20}{50} \cdot \frac{30}{40} = \frac{3}{10} = 0{,}3 .$$

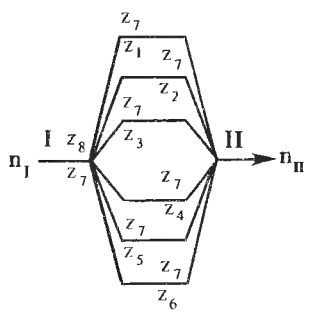
Такую дополнительную передачу называют «перебором». Перебор позволяет резко уменьшить скорость вращения ведомого звена механизма. Всего на шпинделе можно получить $3 \times 2 = 6$ различных частот вращения.

Структурная схема коробки скоростей, приведенной на рис. 170, *а*, дана на рис. 170, *б*, а расчет всех частот вращения, получаемых на шпинделе, приведен в таблице под рисунком.

Механизм с конусом зубчатых колес и накидным зубчатым колесом (рис. 171). На валу *I* неподвижно закреплен набор зубчатых колес с различными числами зубьев (z_1; z_2; z_3; z_4; z_5; z_6), образующий как бы конус K. На валу *II* на шпонке скользит колесо z_8, связанное с накидным зубчатым колесом z_7, которое можно вводить в зацепление с одним из колес конуса K. Если конус ведущий, то структурная схема передачи вращения от вала *I* на вал *II* будет выглядеть так:

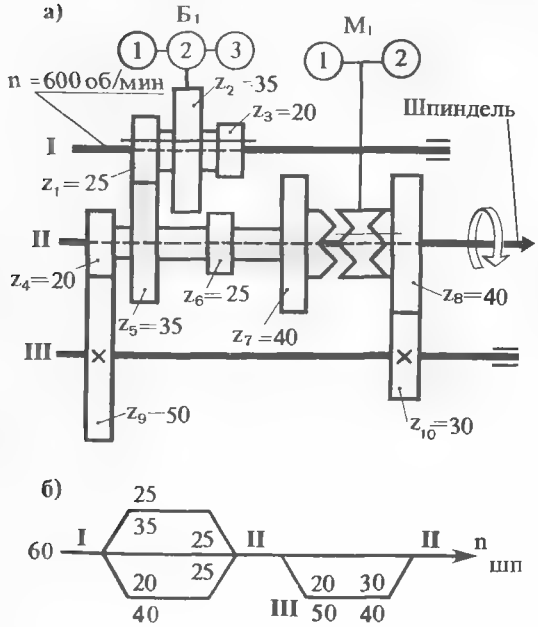


Если конус ведомый, то движение передается в обратном направлении от вала *II* к валу *I* по такой схеме:



170 ПРОСТАЯ КОРОБКА СКОРОСТЕЙ С ПЕРЕДВИЖНЫМ БЛОКОМ И КУЛАЧКОВОЙ МУФТОЙ:

а — кинематическая схема, б — структурная схема; 1–3 — положения при различных включениях блока и муфты



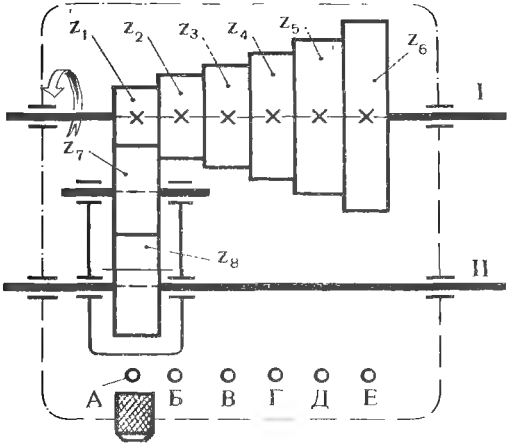
Реверсивные механизмы. На рис. 172, *а*, *б* показаны типовые реверсивные механизмы: с кулачковой муфтой и с передвижным блоком. При включении муфты *М* или блока *Б* вправо (положение *1*) передача вращения с вала *I* на вал *III* идет напрямую с шестерни z_2 на шестерню z_5; направление вращения вала *III* изменяется.

При включении муфты *М* или блока *Б* влево (положение *2*) передача вращения с вала *I* на вал *III* идет через паразитную шестерню z_3 и направление вращения вала *III* будет такое же, как и вала *I*.

Положение механизмов переключения		Частота вращения шпинделя, об/мин
тройной блок $Б_1$	кулачковая муфта $М_1$	
1	1	$n_1 = n_I \cdot \frac{z_1}{z_5} = 600 \cdot \frac{25}{35} = 430$
2	1	$n_2 = n_I \cdot \frac{z_2}{z_6} = 600 \cdot \frac{35}{25} = 840$ (макс)
3	1	$n_3 = n_I \cdot \frac{z_3}{z_7} = 600 \cdot \frac{20}{40} = 300$
1	2	$n_4 = n_I \cdot \frac{z_1}{z_5} \cdot \frac{z_4}{z_9} \cdot \frac{z_{10}}{z_8} = 600 \cdot \frac{25}{35} \cdot \frac{20}{50} \cdot \frac{30}{40} = 128$
2	2	$n_5 = n_I \cdot \frac{z_2}{z_6} \cdot \frac{z_4}{z_9} \cdot \frac{z_{10}}{z_8} = 600 \cdot \frac{35}{25} \cdot \frac{20}{50} \cdot \frac{30}{40} = 250$
3	2	$n_6 = n_I \cdot \frac{z_3}{z_7} \cdot \frac{z_4}{z_9} \cdot \frac{z_{10}}{z_8} = 600 \cdot \frac{20}{40} \cdot \frac{20}{50} \cdot \frac{30}{40} = 90$ (мин)

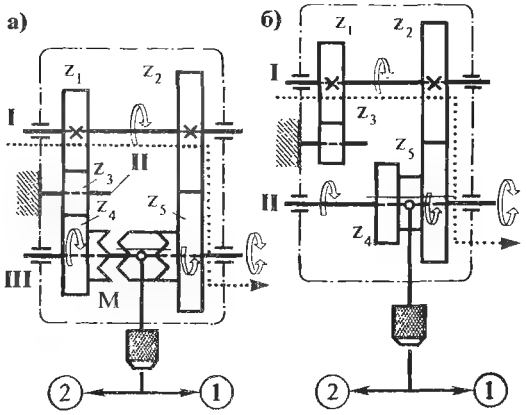
171 МЕХАНИЗМ С КОНУСОМ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС:

А, Б, В, Г, Д, Е — положения фиксатора рукоятки накидного зубчатого колеса



172 ТИПОВЫЕ РЕВЕРСИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ:

а — с кулачковой муфтой, б — с передвижным блоком



Контрольные вопросы

1. **Какие типовые передачи применяются в металлорежущих станках?**
2. **Что такое передаточное отношение? Напишите формулу передаточных отношений для ременной и зубчатой передач.**
3. **Как определить частоту вращения ведомого звена кинематической цепи, если известна частота вращения ведущего звена?**
4. **Почему «паразитное» зубчатое колесо не влияет на передаточное отношение зубчатой передачи?**
5. **Как устроена винтовая передача?**
6. **Какой закономерности подчиняется ряд частот вращения шпинделя токарного станка?**
7. **Как работают механизмы с передвижным блоком и с кулачковой муфтой?**

Глава VIII
Общий обзор токарных станков

§ 49. Развитие станкостроения в СССР

Простейшие станки для обработки дерева применялись еще в Древнем Египте. В России станки известны с середины XIV в.: они приводились во вращение вручную, а резец удерживался на деревянной опоре.

Токарные станки получили широкое распространение после изобретения русским механиком Андреем Нартовым (1680—1756 гг.) механического суппорта для закрепления и подачи резца. И поныне в ленинградском музее Эрмитаже можно видеть токарные и токарно-копировальные станки, созданные талантливым умельцем А. Нартовым. В истории станкостроения почетное место занимают русские станкостроители Яков Батищев, Алексей Сурнин, Павел Захава, Лев Собакин. Русский ученый А. В. Гадолин является основоположником теории расчета коробок скоростей станков.

До Великой Октябрьской социалистической ре-

волюции станкостроения в России практически не было.

Создание отечественного станкостроения как самостоятельной отрасли относится к периоду осуществления первого пятилетнего плана (1928—1932 гг.). В 1932 г. в стране было освоено производство первого токарного станка с коробкой скоростей. Станок назывался ДИП («Догнать и перегнать»). Этим девизом советские станкостроители бросили вызов капиталистическому миру: «Мы догоним и перегоним вас по производству станков». Девиз энтузиастов первой пятилетки давно воплощен в жизнь. В СССР создан мощный парк металлорежущих станков.

Важным направлением развития отечественного станкостроения является выпуск современных высокопроизводительных станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

§ 50. Классификация и марки токарных станков

Токарные станки классифицируются по основным размерам: наибольшему диаметру D обрабатываемой заготовки (детали), наибольшей длине обрабатываемой заготовки (детали), массе, точности и целевому назначению. В зависимости от массы токарные станки делятся на легкие – до 500 кг ($D = 100 \div 200$ мм), средние — до 4 т ($D = 200 \div 500$ мм), крупные — до 15 т ($D = 630 \div 1200$ мм), тяжелые — до 400 т ($D = 1600 \div 4000$ мм).

На рис. 173 изображен легкий токарно-винторезный станок 1Е604, на рис. 175 — средний токарно-винторезный станок 1К62, а на рис. 174 тяжелый токарный станок 1А665.

По точности станки разделяются на пять классов: нормальной точности Н, повышенной точности П, высокой точности В, особо высокой точности А и особо точные С.

По целевому назначению различают следующее исполнение токарных станков: базовые или токарно-винторезные, имеющие ходовой винт для нарезания резьбы; токарно-центровые (без винторезной цепи); операционные, применяемые для выполнения несложных операций; токарные станки с числовым программным управлением.

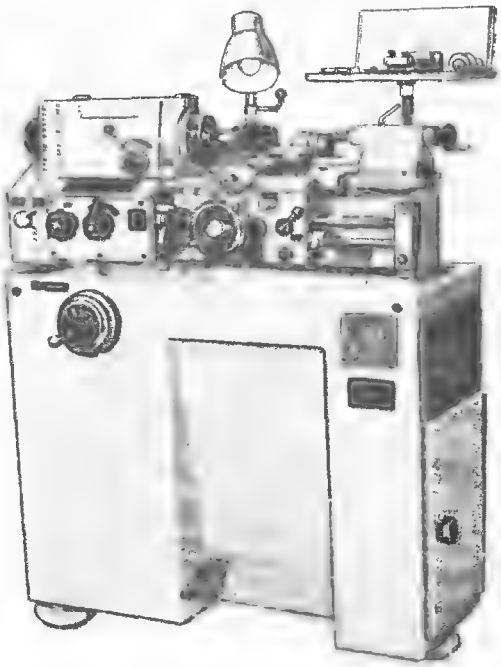
Характеристики некоторых токарно-винторезных станков, изготовляемых в СССР, приведены в Приложении.

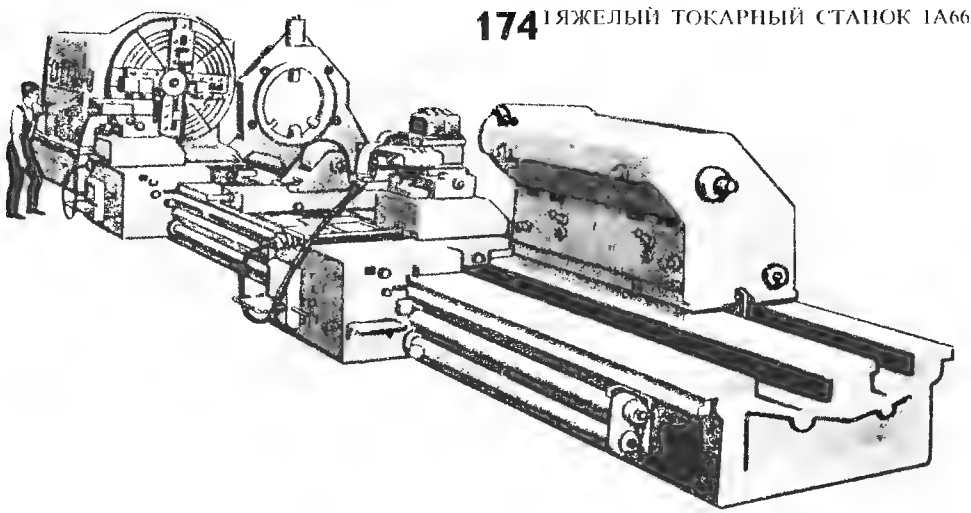
Металлорежущие станки, выпускаемые в СССР, маркируются цифрами и буквами. Первая цифра означает группу станков, например, 1 — токарные, 2 – сверлильные, 3 – шлифовальные, 6 – фрезерные и т. д. Вторая цифра означает тип станка и для токарной группы станков имеет следующее значение: 1 — одношпиндельные автоматы и полуавтоматы, 2 — многошпиндельные автоматы и полуавтоматы, 3 — револьверные станки, 4 — сверлильно-отрезные, 5 — карусельные, 6 — токарные и лобовые, 7 — многорезцовые, 8 — специализированные.

Третья и четвертая цифры условно обозначают один из основных показателей технической характеристики станка. Для токарных станков это высота центров над станиной, для револьверных — наибольший диаметр обрабатываемого прутка, для карусельных – диаметр стола станка.

Буква после первой или второй цифры указывает на усовершенствование станка по сравнению с первой моделью. Буква в конце марки

173 ЛЕГКИЙ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ СТАНОК 1Е604





174 ТЯЖЕЛЫЙ ТОКАРНЫЙ СТАНОК 1А665

означает, что в модель станка внесены некоторые изменения, например повышена точность (П), имеется вставка станины (Г), станок с числовым программным управлением (Ф) и т. д.

Пример расшифровки марки токарно-винторезного станка: 1А616П – усовершенствованный токарно-винторезный станок с высотой центров 160 мм, повышенной точности.

Контрольные вопросы

1. **Дайте общий обзор развития станкостроения в СССР.**
2. **Какую роль сыграл русский механик А. Нартов в усовершенствовании токарных станков?**
3. **Как классифицируются токарные станки?**
4. **Расшифруйте марку станка: 16К20Г.**

Глава IX Токарно-винторезный станок 1К62

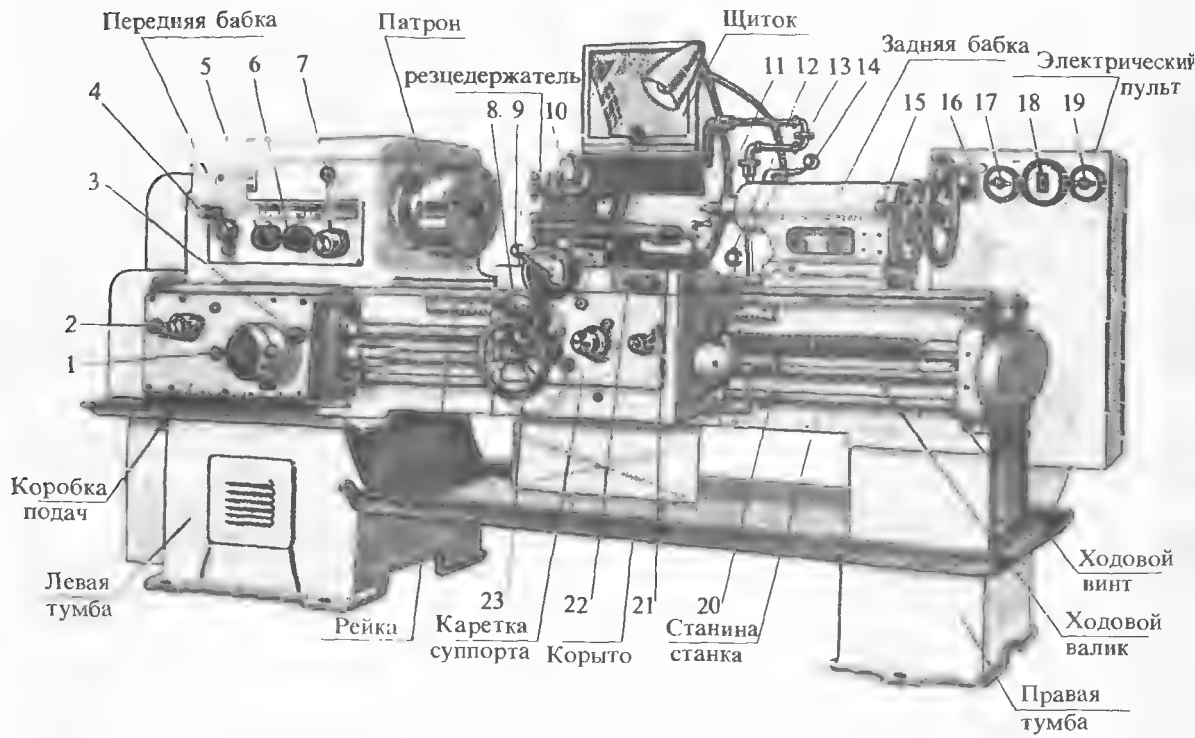
§ 51. Общая характеристика

Одним из наиболее распространенных средних токарно-винторезных станков, применяющихся в нашей промышленности, является станок 1К62 (рис. 175).

Высокий верхний предел частот вращения шпинделя (2000 об/мин) позволяет полностью использовать свойства резцов и других режущих инструментов, оснащенных твердыми сплавами. Широкие пределы диапазонов частоты вращения шпинделя и подач обеспечивают универсальность станка, что особенно важно для механических цехов единичного и серийного производства, а также ремонтных, инструментальных и экспериментальных цехов. Станок имеет устройство для ускоренного перемещения ка-

175 ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ СТАНОК 1К62:

рукоятки. 1 — установки величины подачи или шага резьбы, 2 — установки подачи или резьбы, 3, 20 — управления фрикционной муфтой главного привода, 4, 7 — установки частоты вращения шпинделя, 5 — установки нормального или увеличенного шага резьбы, 6 — установки правой или левой резьбы, 8 — отключения реечного колеса от рейки при нарезании резьбы, 9 — перемещения поперечных салазок суппорта, 10 — поворота и зажима резцедержателя, 11 — перемещения верхних салазок суппорта, 13 — включения продольной или поперечной подачи суппорта, 14 — зажима пиноли задней бабки, 15 — крепления задней бабки к станине, 21 — управления разъемной гайкой ходового винта; кнопки: 12 — включения ускоренной подачи каретки и поперечных салазок суппорта, 22 — пуска и остановки двигателя главного движения, маховики: 16 — подачи пиноли задней бабки, 23 — перемещения каретки; выключатели: 17 — местного освещения, 18 — общий, 19 — насоса подачи охлаждающей жидкости



Техническая характеристика токарно-винторезного станка 1К62

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	
над станиной	400
над поперечными салазками суппорта	200
Расстояние между центрами (РМЦ), мм	710, 1000
Количество ступеней частот вращения шпинделя	23
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	12,5—2000
Пределы подач, мм/об:	
продольных	0,07—4,16
поперечных	0,035—2,08
Шаги нарезаемых резьб	
метрической, мм	1—192
дюймовой, число ниток на 1″	24—2
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	7,5; 10
Габаритные размеры станка, мм:	
длина (соответственно РМЦ)	2522, 2812
ширина	1166
высота	1324
Масса станка, кг	3000

ретки и поперечных салазок суппорта, благодаря чему сокращается время на подвод и отвод резца.

§ 52. Механизм главного движения

На рис. 176 показана кинематическая схема станка 1К62.

Вал *I* коробки скоростей получает вращение от электродвигателя ($N = 10$ кВт, $n = 1450$ об/мин) через клиноременную передачу:

$$i_{рем} = \frac{d_1}{d_2} \cdot 0{,}985 = \frac{142}{254} \cdot 0{,}985.$$

На валу *I* расположен свободно вращающийся блок зубчатых колес $z = 56$ и $z = 51$, который служит для обеспечения прямого вращения шпинделя, и зубчатое колесо обратного вращения $z = 50$. Между ними находится двухсторонняя муфта M_1, включающая вращение этих колес. На валу *II* находится двойной блок $z = 34$ и $z = 39$ и три неподвижно закрепленных зубчатых колеса $z = 29$, $z = 21$, $z = 38$. В зависимости от положения блока *34—39* вал *II* получает две частоты вращения (передаточные отношения $\frac{56}{34}$ и $\frac{51}{39}$).

Тройной блок с числами зубьев $z = 47$, 55 и 38 на валу *III* при соединении с зубчатыми колесами вала *II* осуществляет три передаточных отношения: $\frac{29}{47}$; $\frac{21}{55}$; $\frac{38}{38}$.

Таким образом, на валу *III* можно получить $2 \times 3 = 6$ различных частот вращения.

С вала *III* на вал *IV* при помощи двойного блока *88—45* передается две частоты вращения (передаточные отношения $\frac{22}{88}$ и $\frac{45}{45}$). При помощи блока *22—45*, расположенного на валу *IV*, вращение передается валу *V* (передаточные отношения $\frac{22}{88}$ и $\frac{45}{45}$).

Два двойных блока *88—45* и *22—45* на валу *IV*, зубчатые колеса $z = 22$ и $z = 45$ на валу *III*, а также $z = 88$ и $z = 45$ на валу *V* составляют перебор, который обеспечивает три передаточных отношения от вала *III* на вал *V* (рис. 177 и рис. 178).

$$i_1 = \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} = 1; \quad i_2 = \frac{45}{45} \cdot \frac{22}{88} = \frac{1}{4};$$

$$i_3 = \frac{22}{88} \cdot \frac{22}{88} = \frac{1}{16}.$$

Шпиндель получает вращение от вала *V* через передачу $\frac{27}{54}$ (блок *43—54* включен вправо) или непосредственно от вала *III* через передачу $\frac{65}{43}$ (блок *43—54* включен влево). При правом включении блока *43—54* движение от вала *III* на шпиндель идет через механизм перебора; частота вращения шпинделя по сравнению с частотой вращения вала *III* уменьшается и на шпинделе можно получить $2 \times 3 \times 3 = 18$ различных частот вращения. При включении блока *43—54* на прямую передачу (влево) на шпинделе можно получить $2 \times 3 = 6$ различных частот вращения. Таким образом, общее число частот вращения шпинделя $18 + 6 = 24$.

Частоту вращения шпинделя рассчитывают по уравнению кинематической цепи между электродвигателем и шпинделем. С учетом всех возможных переключений уравнение кинематической цепи прямого вращения можно записать структурной схемой (рис. 178).

Минимальная частота вращения шпинделя (при работе с перебором) будет:

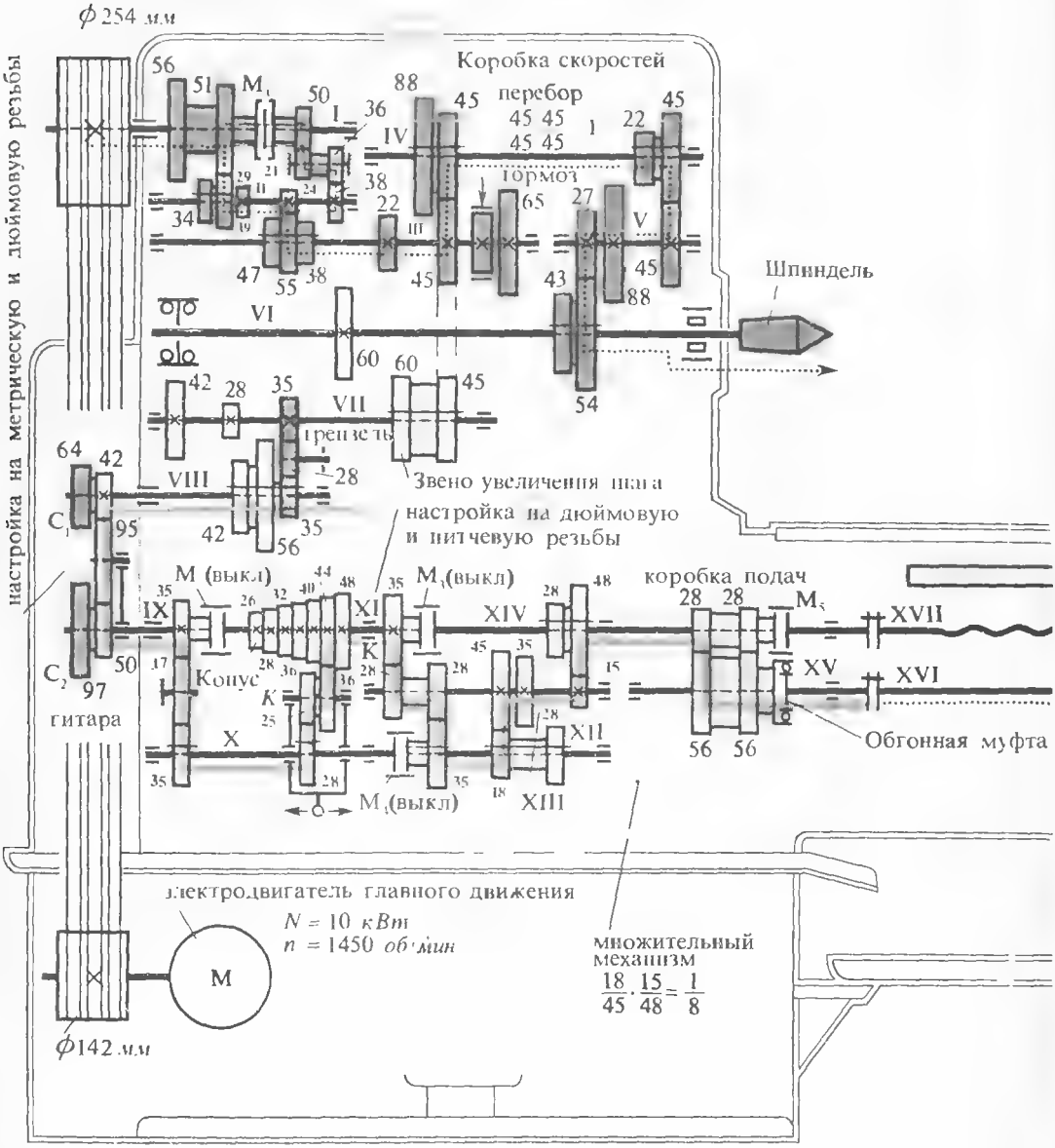
$$n_{мин} = 1450 \cdot \frac{142}{254} \cdot 0{,}985 \cdot \frac{51}{39} \cdot \frac{21}{55} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{27}{54} = 12{,}5 \text{ об/мин}.$$

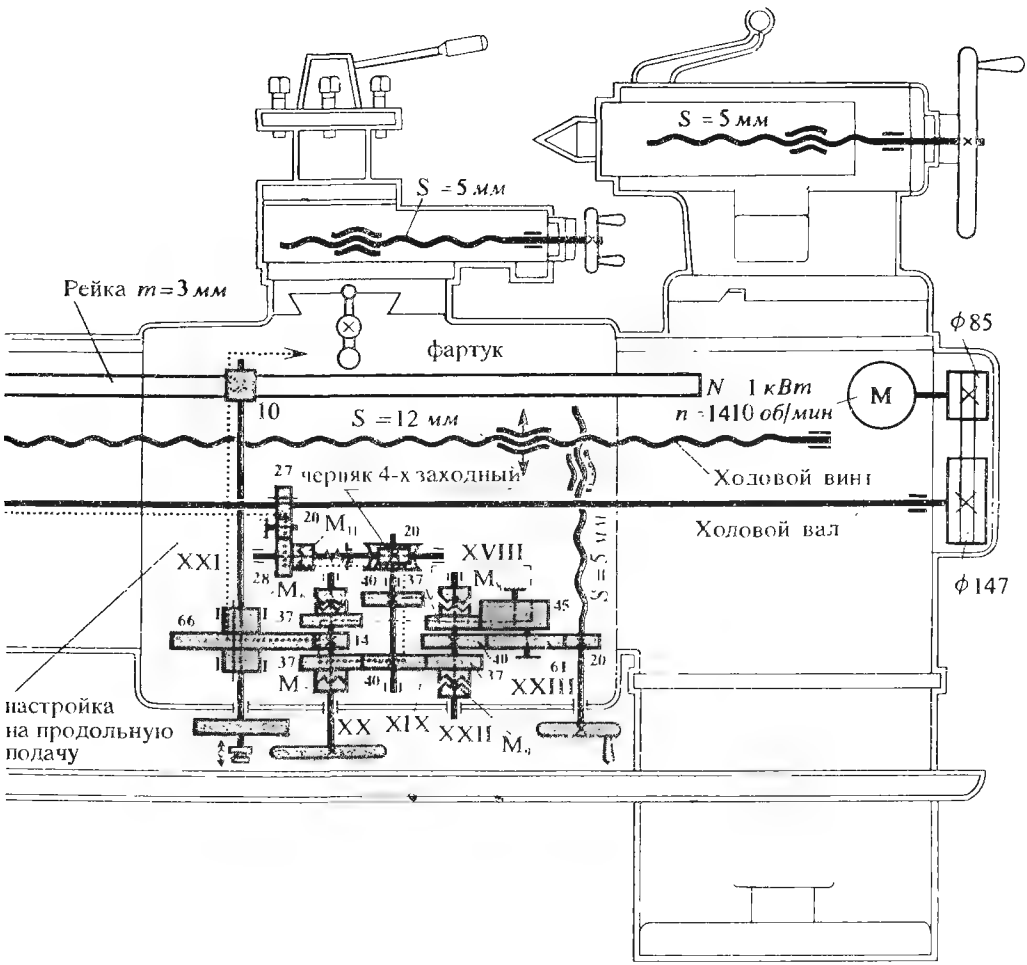
Максимальная частота вращения шпинделя (при работе без перебора) будет:

$$n_{макс} = 1450 \cdot \frac{142}{254} \cdot 0{,}985 \cdot \frac{56}{34} \cdot \frac{38}{38} \cdot \frac{65}{43} = 2000 \text{ об/мин}.$$

Обратное (левое) вращение шпинделя осуществляется через промежуточный реверсивный

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 1К62




S = 5 мм
S = 5 мм
Рейка m = 3 мм
фартук
N 1 кВт
n = 1410 об/мин
M
ф85
10
S = 12 мм
Ходовой винт
27 червяк 4-х заходный
Ходовой вал
ф147
XXI
XVIII
XXIII
XX
XIX
XXII
настройка
на продольную
подачу

блок *24—36* (муфта M_1 включена вправо) и далее, как при правом вращении:

$$n_{мин.обр.} = 1450 \cdot \frac{142}{254} \cdot 0{,}985 \times$$

$$\times \frac{50}{24} \cdot \frac{36}{38} \cdot \frac{21}{55} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{27}{54} = 19 \text{ об/мин.}$$

$$n_{макс.обр.} = 1450 \cdot \frac{142}{254} \cdot 0{,}985 \times$$

$$\times \frac{50}{24} \cdot \frac{36}{38} \cdot \frac{38}{38} \cdot \frac{65}{43} = 2420 \text{ об/мин.}$$

Управление приводом главного движения. Вращение шпинделя (при включенном электродвигателе) включают рукояткой *3* (см. рис. 175), расположенной возле коробки подач, и дублирующей рукояткой *20*, расположенной возле фартука суппорта и постоянно с ним перемещающейся. Обе рукоятки воздействуют на многодисковую фрикционную муфту M_1 и могут занимать три положения:

среднее — муфта M_1 также устанавливается в среднее положение, одновременно включается тормоз и вращение шпинделя прекращается;

верхнее — муфта M_1 включается влево — шпиндель получает прямое (правое) вращение;

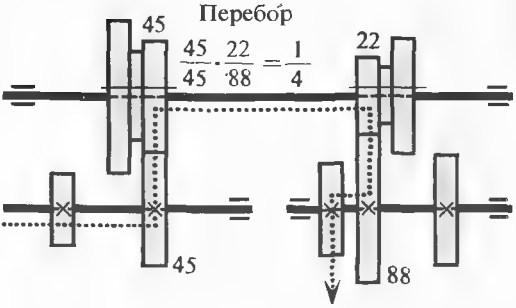
нижнее — муфта M_1 включается вправо — шпиндель получает обратное (левое) вращение.

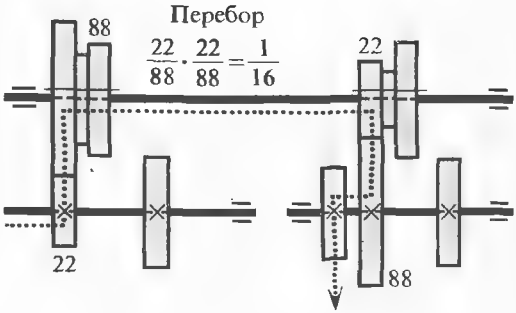
Частоты вращения шпинделя переключают двумя рукоятками *7* и *4* (см. рис. 175), расположенными на передней стенке коробки скоростей. Рукоятка *7* переключает двухвенцовые блоки *88—45* и *22—45* (см. рис. 176) перебора, сидящие на валу *IV*, а также блок *43—54*, сидящий на шпинделе.

На передней стенке коробки скоростей за рукояткой *7* находится таблица частот вращения, состоящая из четырех вертикальных колонок (рис. 179). Для включения требуемой частоты вращения рукоятку *7* повертывают так, чтобы ее указатель стал против указателя той вертикальной колонки таблицы, в которой находится требуемая частота вращения.

При установке рукоятки против первой колонки (630—2000 об/мин) включается передача непосредственно с вала *III* на вал *IV* через зубчатые колеса *65—43* (см. рис. 176); положение рукоятки против второй колонки (12,5—40 об/мин) соответствует работе перебора с передаточным отношением 1:16; в положении против третьей колонки (50—160 об/мин) включается перебор с передаточным отношением 1:4. Работе перебора с передаточным отношением 1 соответствует положение рукоятки против четвертой колонки (200—630 об/мин).

177 ВАРИАНТЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕБОРА КОРОБКИ СКОРОСТЕЙ СТАНКА 1К62 (КРОМЕ ПОКАЗАННОГО НА РИС 176)



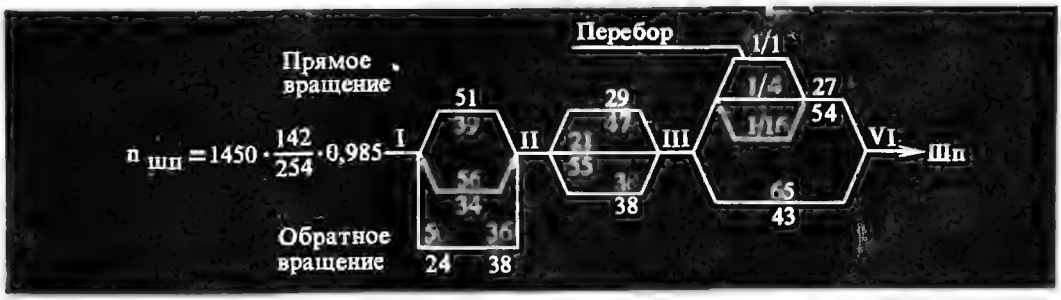


Рукоятка *4* (см. рис. 175) переключает в два положения двухступенчатый блок *34—39* (см. рис. 176) и в три положения тройной блок *47—55—38*, поэтому может занимать шесть различных положений.

Пользуясь рукоятками *7* и *4* (см. рис. 175), можно включить любую из 24 частот вращения шпинделя, указанных в таблице (см. рис. 179). Так как $n = 630$ об/мин повторяется дважды, то практически используется только 23 частоты (ступени).

Частоты вращения переключают только при выключенной фрикционной муфте M_1 (рукоятки *3* и *20* в среднем положении).

178 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА КОРОБКИ СКОРОСТЕЙ СТАНКА 1К62 (ОБОЗНАЧЕНИЕ ВАЛОВ СМ. НА РИС. 176)



§ 53. Механизм подач

В кинематическую цепь механизма подач входят: звено увеличения шага (блок *60 45*) (см рис. 176), механизм трензеля (реверса), сменные зубчатые колеса (шестерни) гитары, коробка подач и механизм фартука. Суппорт получает движение непосредственно от шпинделя через пару зубчатых колес $\frac{60}{60}$ и через трензель (блок *42 56 35*), который можно устанавливать в три положения $\frac{42}{42}$; $\frac{28}{56}$; $\frac{35}{28} \cdot \frac{28}{35}$, и далее через гитару сменных зубчатых колес на вал *IX* коробки подач.

На рис. 180 изображена структурная схема механизма подач станка.

На одной оси с валом *IX* расположены валы *XI*, *XIV* и ходовой винт станка. При помощи муфт M_2, M_3, M_5, которые представляют собой сопрягаемые зубчатые колеса с наружным и внутренним зацеплением, валы *IX*, *XIV* и ходовой винт могут быть присоединены друг к другу и образовывать в совокупности как бы один сплошной вал. В этом случае движение от гитары на ходовой винт будет передаваться «напрямую», без участия механизмов коробки подач.

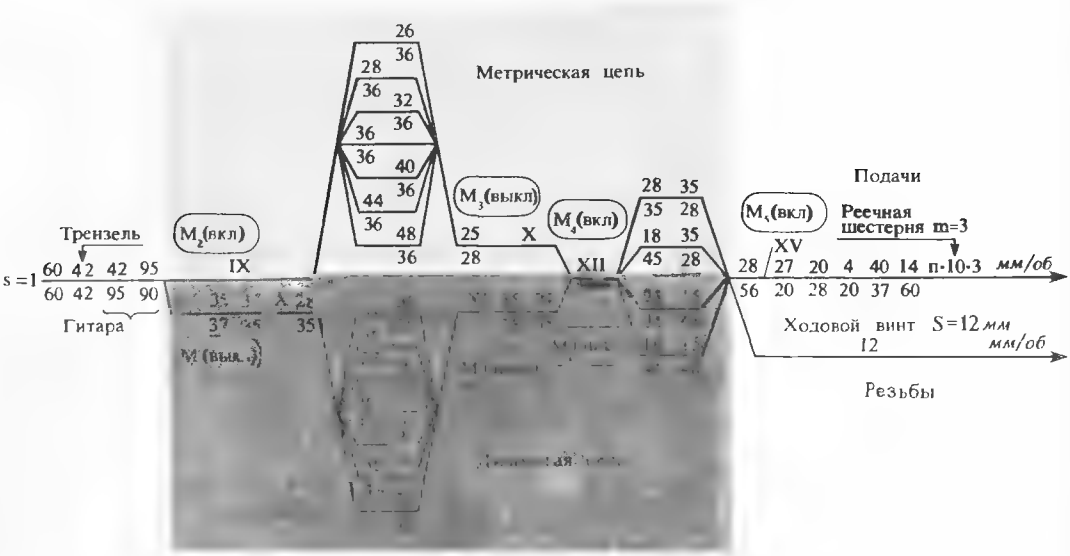
Для настройки «напрямую» муфту M_2 (см. рис. 176) с внутренними зубцами перемещают влево и она зацепляется с колесом *35* вала *IX*, соединяя последний с валом *XI*. Зубчатый венец муфты M_3 на валу *XI* сдвигают тоже влево, и он входит в зубчатое колесо *35* на валу *XI* (имеющее для этого участок с внутренними зубьями), соединяя вал *XI* с валом *XIV*. Станок настраивают «напрямую» для нарезания особо точных и нестандартных резьб. Передаточные отношения гитары. $i_{гит} = \frac{49}{95} \cdot \frac{95}{50}$ (см рис. 176) для нарезания метрических и дюймовых резьб. $i_{гит} = \frac{64}{95} \cdot \frac{95}{97}$ (рис. 181) для нарезания модульных и питчевых резьб (червяков).

Для нарезания стандартных резьб метрической (и модульных червяков) или дюймовой (и питчевых червяков) возможны два варианта передачи движения от вала *IX* на вал *XII* коробки передач.

179 РУКОЯТКА 7 КОРОБКИ СКОРОСТЕЙ (СМ. РИС. 175)

Частота вращения, *об/мин*			
630	12,5	50	200
800	16	63	250
1000	20	80	315
1250	25	100	400
1600	32,5	125	500
2000	40	160	630

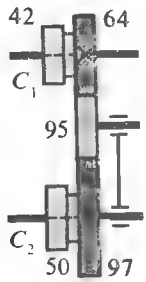
180 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МЕХАНИЗМА ПОДАЧ СТАНКА 1К62 БЕЗ ЗВЕНА УВЕЛИЧЕНИЯ ШАГА (ОБОЗНАЧЕНИЯ ВАЛОВ СМ. НА РИС. 176)



Первый вариант — при настройке станка на нарезание метрической резьбы (и модульных червяков) муфта M_2 включается влево, т. е. соединяется с колесом *35*; валы *IX* и *XI* соединяются между собой. Одновременно зубчатое колесо *35* вала *X* отсоединяется от промежуточного колеса *37*. Движение от вала *IX* передается на конус зубчатых колес *K* и оттуда через накидное зубчатое колесо *36* и колеса *25* и *28* на вал *X*. Муфта M_4 включается и передает движение валу *XII*. Эта кинематическая цепь передает на вал *XII* семь различных частот вращения. При этом конус зубчатых колес (шестерен) *K* на валу *XI* будет ведущим (рис. 182, *а*).

Второй вариант — при настройке станка на нарезание дюймовой резьбы (и питчевых червяков): муфта M_2 сдвигается вправо, т. е. выключается, и валы *IX* и *XI* разъединяются. От зубчатого колеса *35* через промежуточное зубчатое колесо *37* вращение передается на вал *X* и далее через передачу *28—25* на накидное зубчатое колесо *36*, которое может соединяться с одним из семи зубчатых колес конуса *K*, сидящего на валу *XI*. Конус зубчатых колес в этом случае будет ведомым. Далее через свободно сидящий на валу *XIII* блок *28—28* вращение передается на колесо-муфту M_4 ($z=35$) и далее на множительный механизм. Эта кинематическая цепь дает валу *XII* также семь различных частот вращения (см. рис. 180).

181 СХЕМА ВАРИАНТА НАСТРОЙКИ ГИТАРЫ СТАНКА 1К62 НА МОДУЛЬНУЮ И ПИТЧЕВУЮ РЕЗЬБЫ



Множительный механизм состоит из двух двойных зубчатых блоков *18—28* и *28—48*. Эти блоки обеспечивают четыре раз-

личных комбинации переключений с передаточными отношениями (см. рис. 180 и 182, *б*).

$$i_1 = \frac{28}{35} \cdot \frac{35}{28} = 1; \qquad i_2 = \frac{18}{45} \cdot \frac{35}{28} = \frac{1}{2},$$

$$i_3 = \frac{28}{35} \cdot \frac{15}{48} = \frac{1}{4}; \qquad i_4 = \frac{18}{45} \cdot \frac{15}{48} = \frac{1}{8}.$$

Таким образом на валу *XIV* коробки подач можно получить $7 \times 4 = 28$ различных частот вращения по метрической цепи и $7 \times 4 = 28$ по дюймовой цепи, т. е. всего 56 ступеней.

При настройке станка на подачу по ходовому валу муфта M_5 выключается, блок *28—28* передает вращение блоку *56—56*, а от него на ходовой вал *XVI* — далее механизму фартука.

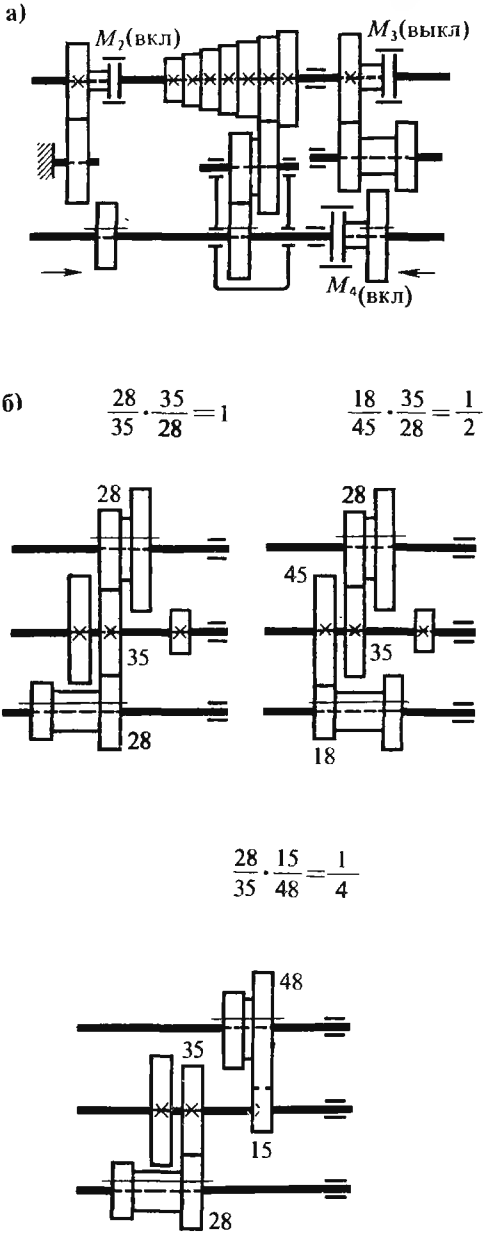
Механизм фартука. Зубчатое колесо *27* сидит на ходовом валу *XV* на скользящей шпонке и получает от него вращение при любом положении каретки. От колеса *27* через промежуточное зубчатое колесо *20* и колесо *25* вращение передается на вал *XVIII* и далее через червячную передачу $\frac{4}{20}$ (четырехзаходный червяк — червячное колесо $z = 20$), колеса *40* и *47* (при включенной муфте M_7) на колесо $z = 10$, находящееся в зацеплении с неподвижно прикрепленной к станине рейкой $m = 3$. Вращение зубчатого колеса $z = 10$ вызывает поступательное движение каретки суппорта. Реверсирование этого движения осуществляется включением муфты M_6 при этом вращение от вала *XIX* на вал *XX* передается через широкое паразитное зубчатое колесо $z = 40$.

Числовые значения получаемых продольных подач определяются из уравнений кинематической цепи между шпинделем (подача исчисляется за один оборот шпинделя) и реечным зубчатым колесом $z = 10$ (см. рис. 180).

Для осуществления поперечной подачи включается муфта M_7 (рис. 183) и в то же время отключается муфта M_9, движение от вала *XII* будет передаваться на винт поперечной подачи. Числовые значения поперечных подач примерно в два раза меньше продольных при тех же положениях рукояток коробки подач.

Расчетные значения продольных и поперечных подач (округленные до первого знака после запятой) приводятся в соответствующей таблице паспорта станка (повторяющиеся значения подач в паспорте не указываются). Таблица подач имеется также на барабане рукоятки *1* (см. рис. 175).

182 СХЕМЫ ВАРИАНТОВ НАСТРОЙКИ КОНУСА КОРОБКИ ПОДАЧ СТАНКА 1К62 НА МЕТРИЧЕСКУЮ И МОДУЛЬНУЮ РЕЗЬБЫ (*а*) И МНОЖИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА КОРОБКИ ПОДАЧ НА ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ОТНОШЕНИЯ 1; 1/2 И 1/4 (*б*)



Управление механизмом подач. Станок настраивают на определенную величину подачи рукоятками *5* и *6*, находящимися на передней стенке коробки скоростей, и рукоятками *2* и *1*, находящимися на передней стенке коробки подач (см. рис. 175).

Рукоятка *5* предназначена для установки нормального (правое положение) или увеличенного (левое положение) шага резьбы. Она управляет звеном увеличения шага (блок *60—45* на рис. 176). В среднем положении рукоятки *5* соответственно среднее положение занимает и блок *60—45*, при этом шпиндель отсоединяется от вала *VIII* и его можно проворачивать вручную.

Рукоятка *6* (см. рис. 175) управляет трензелем (блок *42—56—35* на рис. 176) и может занимать три положения: левое, соответствующее нарезанию левой резьбы, правое — соответствующее нарезанию правой резьбы. В среднем положении рукоятки *6* вращение от вала *VII* к валу *VIII* передается через колеса $\frac{28}{56} = \frac{1}{2}$ и механизм подач обеспечивает уменьшенный в два раза ряд подач (от 0,07 до 1,04 мм/об). Рукоятка *2* (см. рис. 175) управляет переключением муфт M_2, M_3 и M_5 (см. рис. 176).

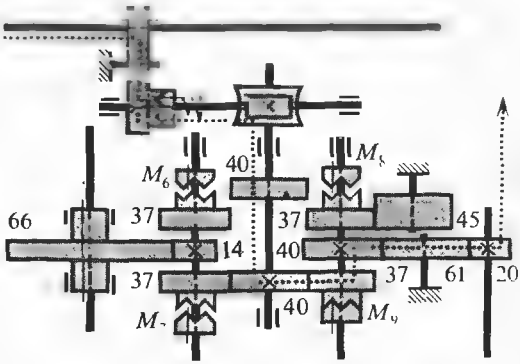
При настройке станка на определенный шаг резьб и подачу вначале поворачивают рукоятку *1* вместе с барабаном и указатель соответствующего сектора таблицы подводят к неподвижному указателю на передней стенке коробки подач. Барабан может занимать четыре положения, соответствующие четырем вариантам переключения множительного механизма (блоков *18—28* и *28—48*). Затем рукоятку *1* подают на себя, поворачивают до установки риски на конусе рукоятки против столбца, где указаны требуемый шаг или подача, а затем подают от себя. Так, манипулируя рукояткой *1*, управляют накидным зубчатым колесом $z = 36$ конуса *K*, поэтому в положении от себя рукоятка *1* может занимать семь позиций — по числу ступеней конуса *K*.

Включение и реверсирование продольных и поперечных передач (т. е. воздействие на муфты M_6, M_7, M_8, M_9 — см. рис. 176) осуществляют одной рукояткой *13* (см. рис. 175), расположенной справа от фартука суппорта. Положение рукоятки *13* соответствует направлению подач: влево, вправо, вперед, назад.

Ручную подачу осуществляют вращением маховичка *23*, на котором находится лимб продольной подачи. Одно деление лимба соответствует перемещению каретки на 1 мм

При необходимости ускоренного перемещения суппорта нажимают на кнопку *12* рукоятки *13* (рис. 175) и ставят рукоятки в положение, соответствующее желательному направлению подачи.

183 СХЕМА ВАРИАНТА НАСТРОЙКИ МЕХАНИЗМА ФАРТУКА СТАНКА 1К62 НА ПОПЕРЕЧНУЮ ПОДАЧУ



§ 54. Основные узлы

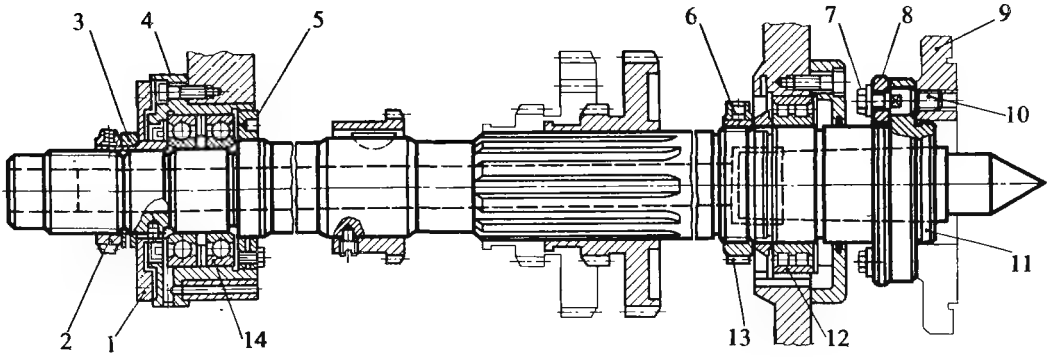
Станина является основанием станка, на котором монтируют его основные узлы (рис. 175). Станина изготовляется из высокопрочного модифицированного чугуна и имеет коробчатую форму с поперечными ребрами. Передняя направляющая станины призматическая, задняя — плоская. По направляющим перемещаются каретка суппорта и задняя бабка.

Станина устанавливается на две пустотелые тумбы, к которым прикреплено корыто для сбора стружки и охлаждающей жидкости. В левой тумбе расположен главный электродвигатель, в правой — резервуар и насос для подачи охлаждающей жидкости.

Передняя бабка представляет собой литой чугунный корпус, внутри которого размещается коробка скоростей шпинделя. Передний конец шпинделя имеет внутреннюю коническую расточку с конусом Морзе № 5, в которую

184 ШПИНДЕЛЬ СТАНКА 1К62 И ЕГО ОПОРЫ:

1, 5 — крышки, 2, 13 — регулировочные гайки, 3 — шайба, 4 — обойма, 6 — стопор, 7, 10 — винты, 8 — упорная шайба, 9 — планшайба патрона, 11 — шпиндель, 12 — роликоподшипники, 14 — шарикоподшипники



вставляется передний центр и различные приспособления для закрепления заготовок.

На переднем конце шпинделя имеется посадочный конус, по которому базируются патроны для закрепления заготовок. Шпиндель установлен на двух опорах качения (рис. 184). Передняя опора представляет собой регулируемый двухрядный роликовый подшипник *12* с внутренним коническим кольцом. Подшипник регулируют затягиванием гайки (стопора) *6*, которая нажимает на внутреннее кольцо подшипника. Кольцо при этом надвигается на коническую шейку шпинделя и разжимается; таким образом уменьшается зазор между кольцами и роликами, образовавшийся в результате износа.

Задняя опора шпинделя состоит из двух радиально-упорных подшипников *14*, которые регулируют только при текущем осмотре станка.

Внутри передней бабки находится также фрикционная реверсивная муфта и тормозное устройство.

Ф р и к ц и о н н а я м у ф т а (рис. 185). Зубчатое колесо *2* прямого хода (блок *59—51* на рис. 176) имеет ступицу с пазом. Такую же ступицу имеет и зубчатое колесо *6* обратного хода (зубчатое колесо *50* на рис. 176). Внутри ступиц расположены стальные фрикционные диски *3*, наружные выступы которых входят в пазы ступиц, и диски *12* со шлицевым отверстием; выступы шлицев отверстия входят в канавки шлицев полого вала *1*.

Работа фрикционной муфты заключается в том, что при прижатии дисков *3* к дискам *12* между ними благодаря трению возникает сцепление и вращение от вала *1* через диски передается к блоку зубчатых колес *56—51* или к колесу *50*. Фрикцион включается муфтой *7* (M_1 на рис. 176). При включении муфты влево включается прямое вращение шпинделя, при включении вправо — обратное вращение.

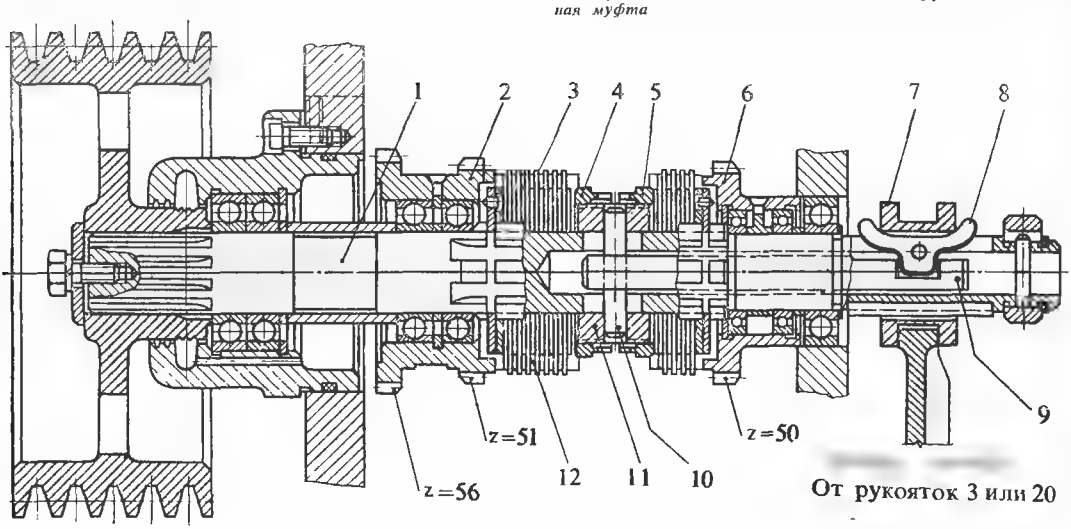
Диски фрикционной муфты постепенно изнашиваются, и муфта начинает пробуксовывать. Для устранения этого при помощи гаек *4* и *5* сближают фрикционные диски.

Т о р м о з н о е у с т р о й с т в о (тормоз) (рис. 186). На валу *III* коробки скоростей (см. рис. 176) закреплен тормозной шкив *5*, охватываемый стальной тормозной лентой *4*. Включение тормоза происходит при нейтральном положении фрикционной муфты, когда выступ рейки *6* воздействует на рычаг *3*. Тормоз регулируют (см. рис. 186) натяжением тормозной ленты *4* гайкой *2*. При правильно отрегулированном тормозе время торможения шпинделя (без патрона и заготовки), вращающегося с частотой 2000 об/мин, должно составлять не более 1,5 с.

К о р о б к а п о д а ч закреплена на станине ниже передней бабки, внутри коробки находится механизм передачи вращения от шпинделя к ходовому валу и ходовому винту, а также механизм для регулирования частот вращения ходового винта и ходового вала с целью полу-

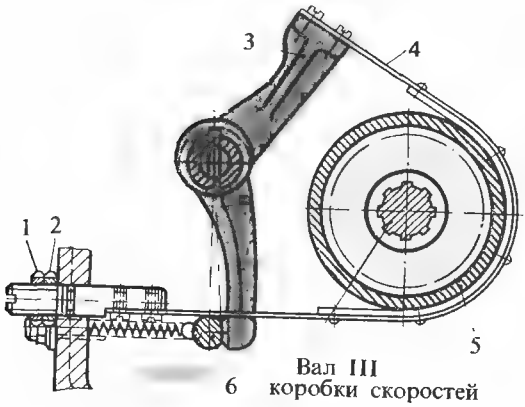
185 ФРИКЦИОННАЯ МУФТА:

1 — полый вал, 2 — зубчатое колесо прямого хода, 3, 12 — фрикционные диски, 4, 5 — регулировочные гайки, 6 — зубчатое колесо обратного хода, 7 — муфта, 8 — коромысло, 9 — тяга, 10 — палец, 11 — фрикционная муфта



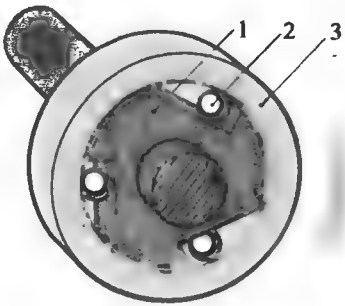
186 ТОРМОЗНОЕ УСТРОЙСТВО СТАНКА 1К62:

1 — контргайка, 2 — регулировочная гайка, 3 — рычаг, 4 — тормозная лента, 5 — тормозной шкив, 6 — рейка



187 ОБГОННАЯ МУФТА:

1 — ведомый диск, 2 — шарики, 3 — обойма

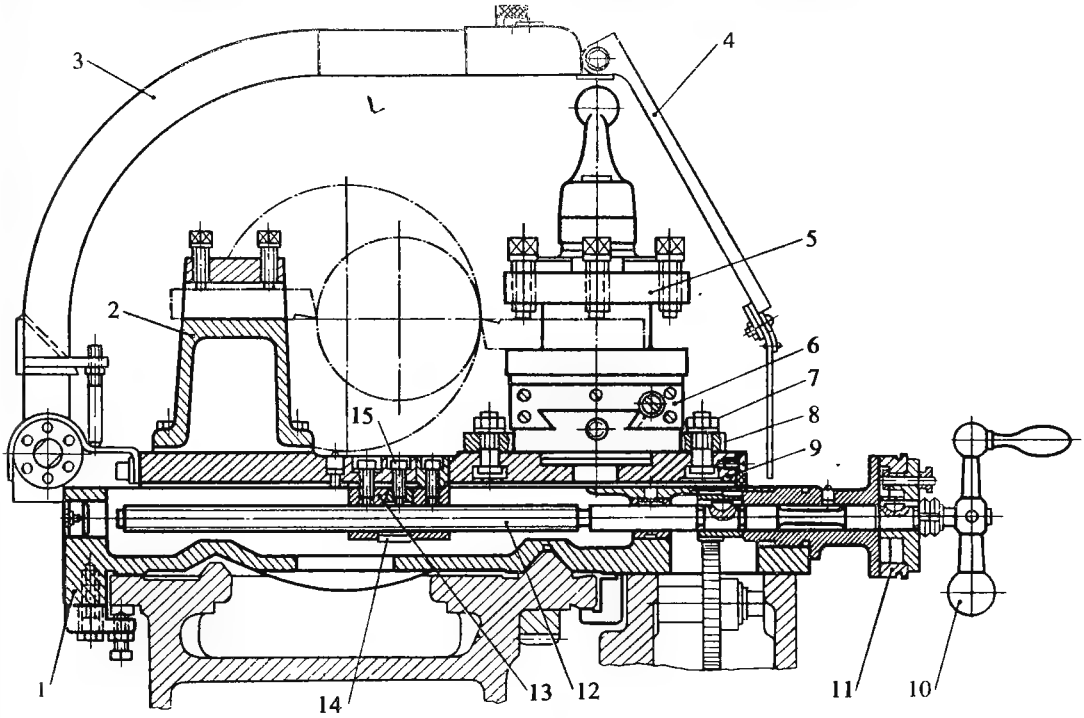


чения различного шага резьбы и различных подач.

В коробке подач находится также обгонная муфта, позволяющая включать ускоренный ход суппорта от отдельного электродвигателя без выключения цепи нормальных подач. Обгонная муфта (рис. 187) состоит из ведущей обоймы *3* и ведомого диска *1* с вырезами, в которых располагаются шарики *2*. При вращении обоймы шарики заклиниваются в вырезах и вращение от обоймы передается на диск, таким образом валы *XV* и *XVI* (см. рис. 176) связываются между собой. При вращении ходового вала *XVI* от отдельного электродвигателя ускоренного

188 СУППОРТ СТАНКА 1К62:

1 — каретка суппорта, 2 — задний резцедержатель, 3 — откидной кронштейн, 4 — щиток, 5 — передний резцедержатель, 6 — верхние салазки суппорта, 7 — винт, 8 — поворотная плита, 9 — поперечные салазки суппорта, 10 — рукоятка, 11 — барабан лимба, 12 — винт поперечных салазок, 13 — гайка поперечных салазок, 14 — регулировочный клин, 15 — винт регулировочного клина



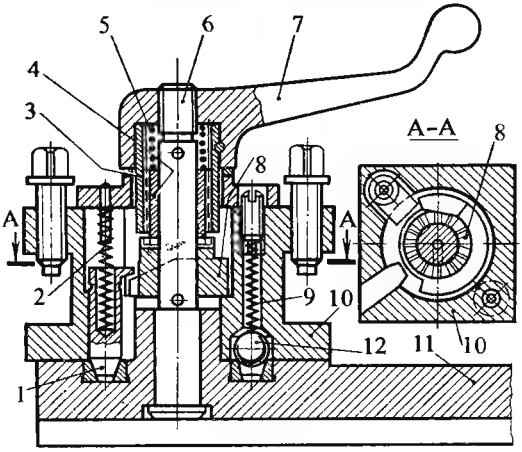
хода диск вращается быстрее обоймы, ролики отжимаются в углубления вырезов и обойма отсоединяется от диска.

Суппорт состоит из каретки *1* (рис. 188), которая движется по направляющим станины; фартука, поперечных салазок *9*, которые движутся по направляющим каретки; поворотной плиты *8*; верхних (резцовых) салазок *6*, на которых закреплен резцедержатель *5*. Для обработки конусов верхние салазки суппорта поворачиваются вместе с поворотной плитой при отжиме двух фиксирующих гаек на винтах *7*.

При неравномерном или тугом перемещении каретки по направляющим станины или поперечных салазок по своим направляющим регулируют прижим планок сзади каретки и затяжку клиньев салазок. Износ гайки поперечных салазок вызывает «мертвый ход», который устраняют подтягиванием клина *14* (см. рис. 188), находящегося между половинками гайки. Клин подтягивают винтом *15* при предварительно

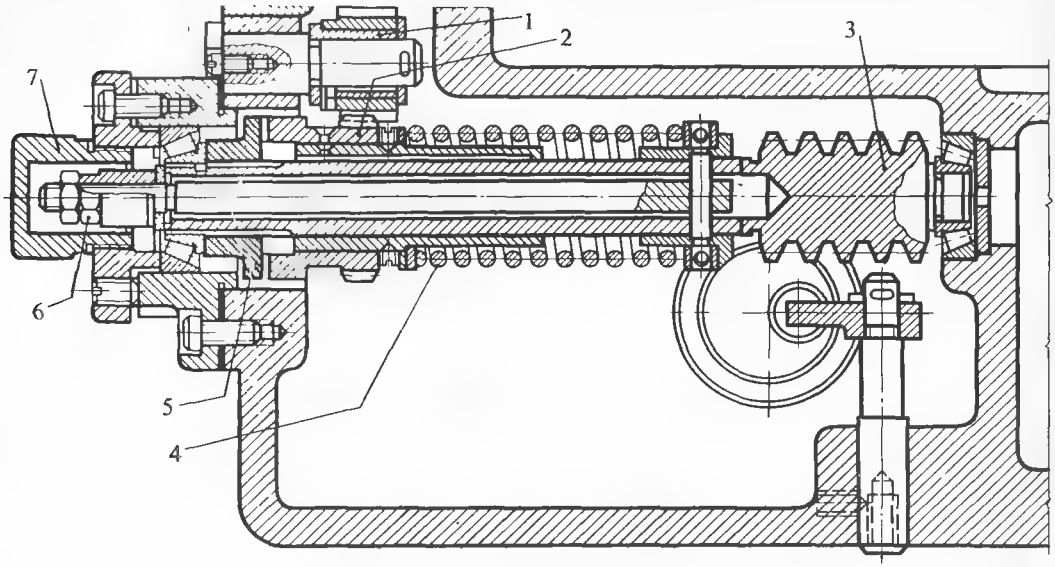
189 РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЬ СТАНКА 1К62:

1 — конический фиксатор, 2, 9 — пружины фиксаторов, 3 — втулка, 4 — муфта, 5 — пружина, 6 — палец, 7 — рукоятка, 8 — фланец, 10 — поворотная головка резцедержателя, 11 — верхние салазки суппорта, 12 — шариковый фиксатор



190 ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ МУФТА ФАРТУКА СТАНКА 1К62:

1 — зубчатое колесо z = 20, 2 — зубчатое колесо-муфта z = 28, 3 — червяк, 4 — пружина, 5 — диск с кулачками, 6 — регулировочная гайка, 7 — колпачок



отпущенном винте левой половины гайки *13*. После устранения «мертвого хода» винт затягивают. Нормальная регулировка предусматривает небольшой «мертвый ход» (до двух делений лимба поперечных салазок).

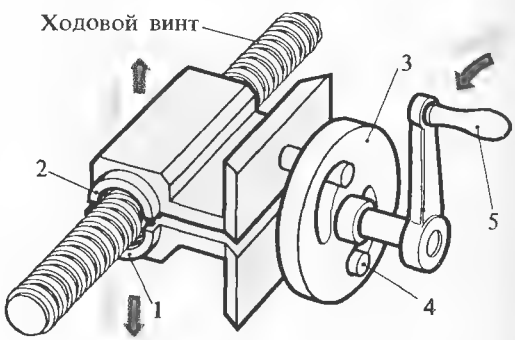
Резцедержатель (рис. 189). Основной частью резцедержателя является четырехгранная поворотная головка *10*, сидящая на центрирующем выступе верхних салазок. Положение головки относительно верхнего суппорта фиксируется при помощи конического фиксатора *1*, поджатого пружиной *2*, и шарикового фиксатора *12*, поджатого пружиной *9*.

На пальце *6* находится фланец *8*, имеющий торцовые скошенные зубья, и муфта *4* также с торцовыми зубьями, которая прижимается к кулачку пружиной *5* и свободно скользит своими наружными шлицами по внутренним шлицам втулки, запрессованной в рукоятке *7*.

Фартук. Спереди каретки к суппорту прикреплен фартук — коробка, внутри которой находится механизм для преобразования вращательного движения ходового валика и ходового винта в прямолинейное поступательное движение суппорта, а также предохранительная муфта, служащая для предохранения станка от перегрузки и автоматического отключения подачи при достижении суппортом станка неподвижного упора (рис. 190).

191 РАЗЪЕМНАЯ ГАЙКА:

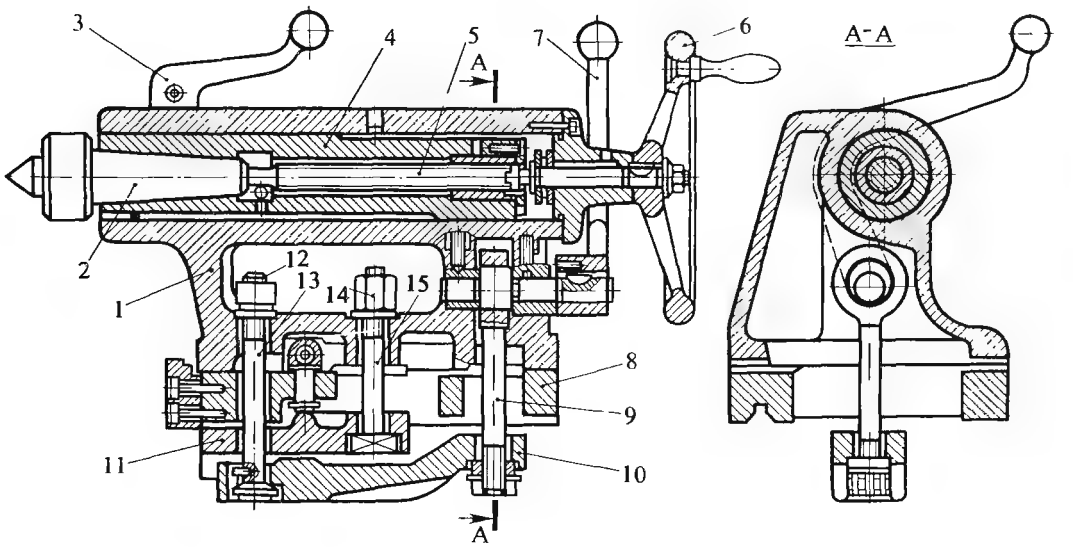
1, 2 — полугайки, 3 — диск со спиральными прорезями, 4 — палец полугайки, 5 — рукоятка



При перегрузке в цепи движения подачи (если суппорт подошел к упору или резец уперся в уступ) суппорт мгновенно останавливается, а с ним и вся кинематическая цепь фартука. Сидящая на валу *XVIII* (см. рис. 176) кулачковая предохранительная муфта *2* также останавливается. Но так как ходовой вал *I* и шестерни фартука $\frac{27}{20} \cdot \frac{20}{28}$ продолжают в этом положении вращаться, то муфта *2*, скользя по скосам тор-

192 ЗАДНЯЯ БАБКА СТАНКА 1К62:

1 — корпус, 2 — центр задней бабки, 3 — рукоятка зажима пиноли, 4 — пиноль, 5 — винт пиноли, 6 — маховичок винта пиноли, 7 — рукоятка зажима задней бабки на направляющих станины, 8 — опорная плита, 9 — тяга, 10 — рычаг, 11 — планка, 12, 14 — гайки, 13, 15 — винты



цовых кулачков, сжимает пружину *4* и отходит вправо от диска *5* с кулачками. При этом муфта отключается и передача вращения на реечную шестерню прекращается. Пружину предохранительной муфты регулируют гайкой *6* при отвинченном колпачке *7*.

Ходовой винт и резьбовая гайка. Ходовой винт станка имеет трапецеидальную резьбу с шагом 12 мм. Винт сопрягается с разъемной гайкой, которая состоит из двух половинок (полугаек) *1* и *2* (рис. 191) расположенных в фартуке станка. Замыкание и размыкание полугаек осуществляется диском *3* со спиральными прорезями и пальцами *4*, связанными с полугайками.

При повороте рукоятки *5* (рукоятка *21* на рис. 175) прорези диска, воздействуя через пальцы *4* на полугайки, замыкают их на ходовом винте, что делает возможным продольную подачу каретки суппорта для нарезания резьбы.

Задняя бабка крепится на правом конце станины и перемещается по ее направляющим. Корпус *1* (рис. 192) может иметь поперечное смещение относительно опорной плиты *8*, что необходимо при обтачивании длинных конусов. В отверстии корпуса движется пиноль *4*. Винт *5* подачи пиноли вращается при помощи маховичка *6*. Предварительно заднюю бабку закрепляют на станине рукояткой *7*, а окончательно — гайкой *14*. Для фиксации положения пиноли служит рукоятка *3*.

Контрольные вопросы

1. **Назовите основные данные технической характеристики станка 1К62.**
2. **Покажите на кинематической схеме станка 1К62 (рис. 176) устройства для регулирования частоты вращения шпинделя.**
3. **Сколько ступеней частот вращения при прямом и при обратном вращении шпинделя обеспечивает коробка скоростей станка 1К62?**
4. **Сколько электродвигателей имеет станок 1К62 (см. рис. 176)?**
5. **Покажите на кинематической схеме (см. рис. 176) цепи продольных и поперечных подач.**
6. **Для чего предназначена и как работает предохранительная муфта фартука?**
7. **Как устроена задняя бабка станка 1К62?**

Глава X. Токарно-винторезный станок 16К20

§ 55. Общая характеристика

Токарно-винторезный станок 16К20, выпускаемый московским заводом «Красный пролетарий» им. Ефремова, предназначен для выполнения различных токарных и резьбонарезных работ, скоростного резания «сырых», закаленных, а также труднообрабатываемых материалов (нержавеющих и жаропрочных сталей) в условиях единичного и серийного производства. Станок обеспечивает наиболее полное использование стойкостных возможностей инструментов, оснащенных твердым сплавом, минеральной керамикой, алмазом или эльбором.

Общий вид станка показан на рис. 193.

Жесткая (жесткость в 1,5 раза более, чем у станка 1К62) коробчатой формы станина с закаленными шлифованными направляющими установлена на монолитном основании, одновременно служащем стружкосборником и резервуаром для охлаждающей жидкости.

Направляющие станины, а также ходовой винт и ходовой вал защищены от попадания мелкой стружки и пыли щитками.

Фартук оснащен механизмом отключения подачи, который позволяет вести обработку по упорам при продольном и поперечном точении.

Новое конструктивное исполнение механизма индексации четырехпозиционного резцедержателя обеспечивает высокую точность фиксации и виброустойчивость.

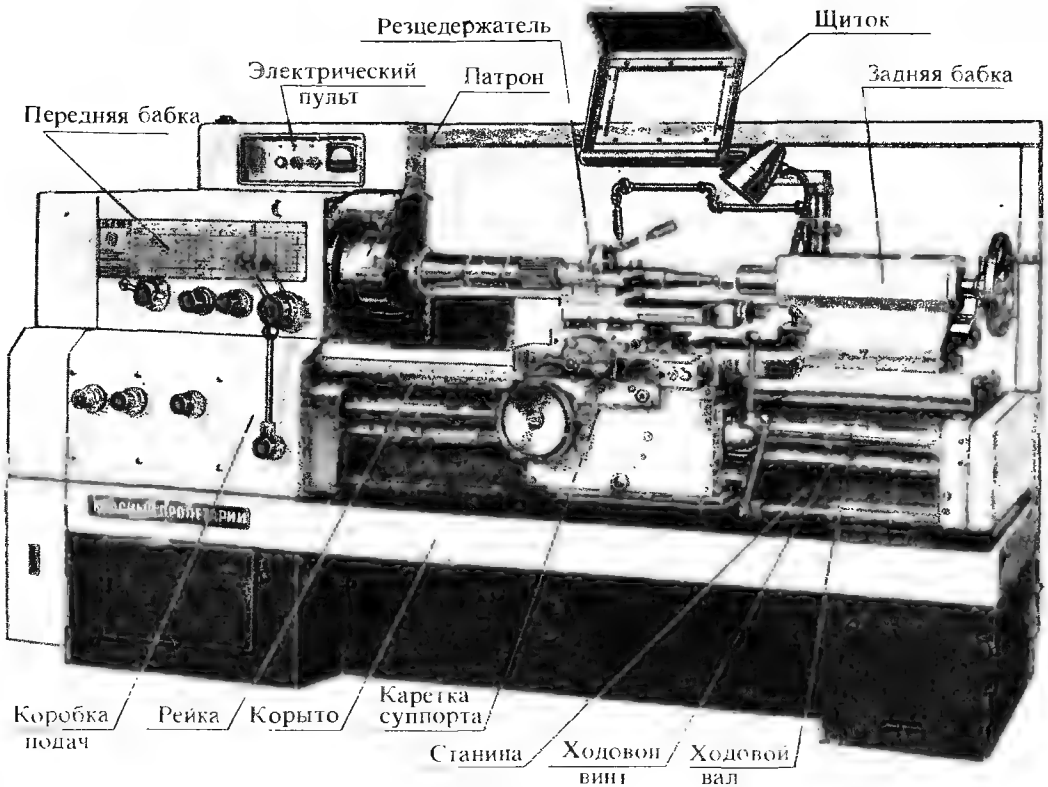
Задняя бабка станка установлена на аэростатической опоре (воздушной подушке), что значительно снизило удельное давление при ее перемещении и износ направляющих станины. Для перемещения задней бабки при включенном аэростатическом устройстве требуется небольшое усилие.

На основе станка 16К20, как базовой модели, выпускается ряд модификаций: станок 16К20Г с выемкой в станине для обтачивания заготовок диаметром до 600 мм на длине 295 мм от торца фланца шпинделя; 16К25 — облегченного типа для обработки заготовок диаметром до 500 мм над направляющими станины; 16К20П — повышенного класса точности для инструментального производства, оснащенный механизмом автоматической подачи верхних салазок суппорта; 16К20Ф3 — с числовым программным управлением.

На модель 16К20 перенесены все лучшие качества системы управления станка 1К62: управление всеми рабочими и вспомогательными операциями централизовано, все рукоятки размещены удобно для токаря, рабочими и ускоренными перемещениями суппорта (продольными и поперечными) управляют одной рукояткой.

Техническая характеристика токарно-винторезного станка 16К20

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки мм:	
над станиной	400
над поперечными салазками суппорта	220
Расстояние между центрами (РМЦ)	710, 1000 1400, 2000
Число частот вращения шпинделя	24 (22 различные значения)
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	12,5—1600
Пределы подач, мм/об:	
продольных	0,05—2,8
поперечных	0,025—1,4
Шаги нарезаемых резьб:	
метрической, мм	0,5—112
дюймовой, число ниток на 1″	56—0,5
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	7,5; 10
Габаритные размеры станка, мм:	2470, 2760
длина	3160, 3760
высота	1470
ширина	1195
Масса станка (РМЦ 1000 мм), кг	3000



§ 56. Механизмы станка

Кинематическая схема токарно-винторезного станка 16К20 показана на рис. 194.

Привод главного движения — вращения шпинделя (структурная схема коробки скоростей показана на рис. 195).

Вал *I* коробки скоростей получает вращение от электродвигателя ($N = 10$ кВт, $n = 1460$ об/мин) через клиноременную передачу

$$i_{рем} = \frac{154}{268} \cdot 0{,}985.$$

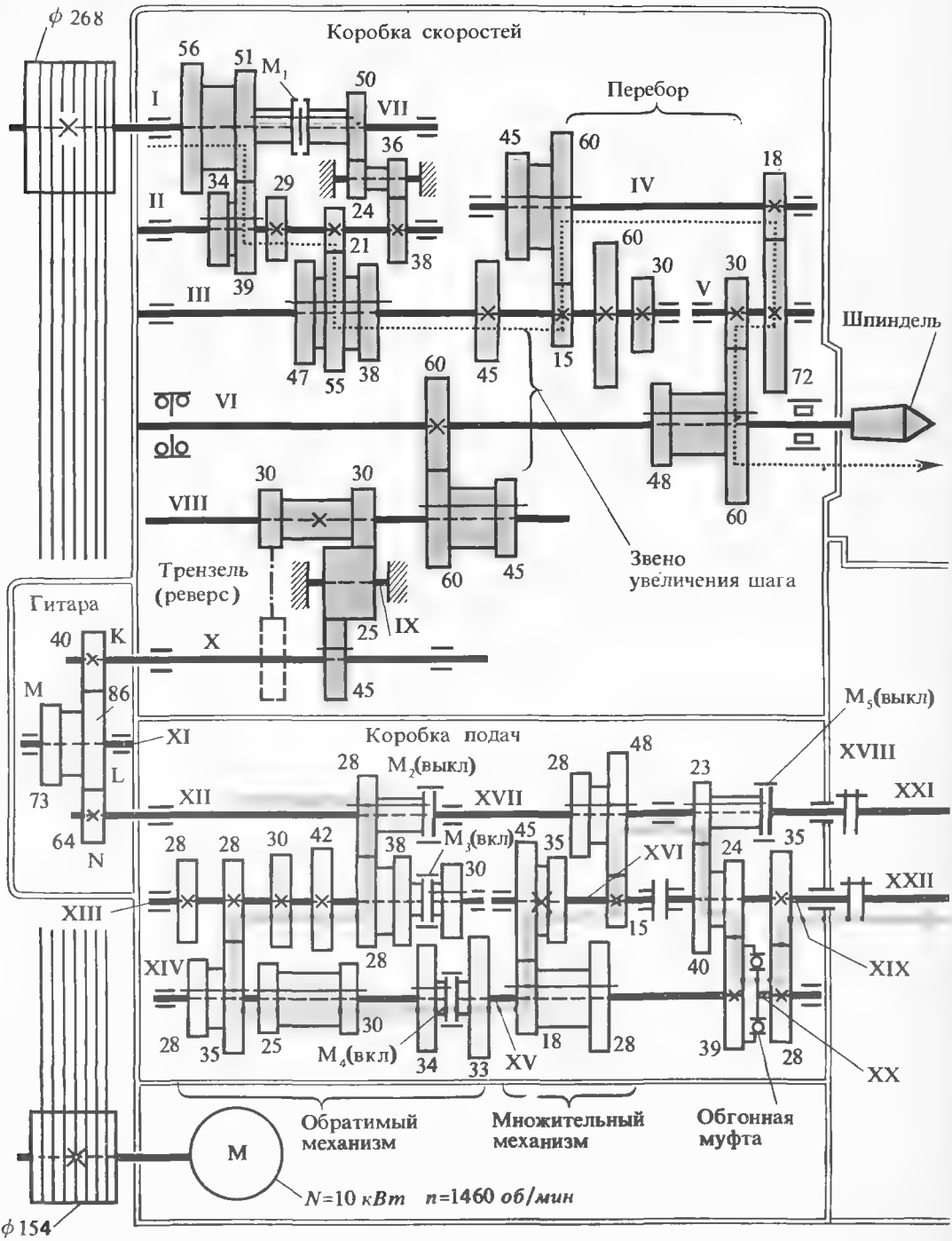
Так же как и в коробке скоростей станка 1К62, вращение от вала *I* на вал *III* передается через двойной шестеренчатый блок *34—39* и тройной блок *47—55—38*. Устройство фрикционной муфты и реверса такое же, как у станка 1К62 (см. рис. 185).

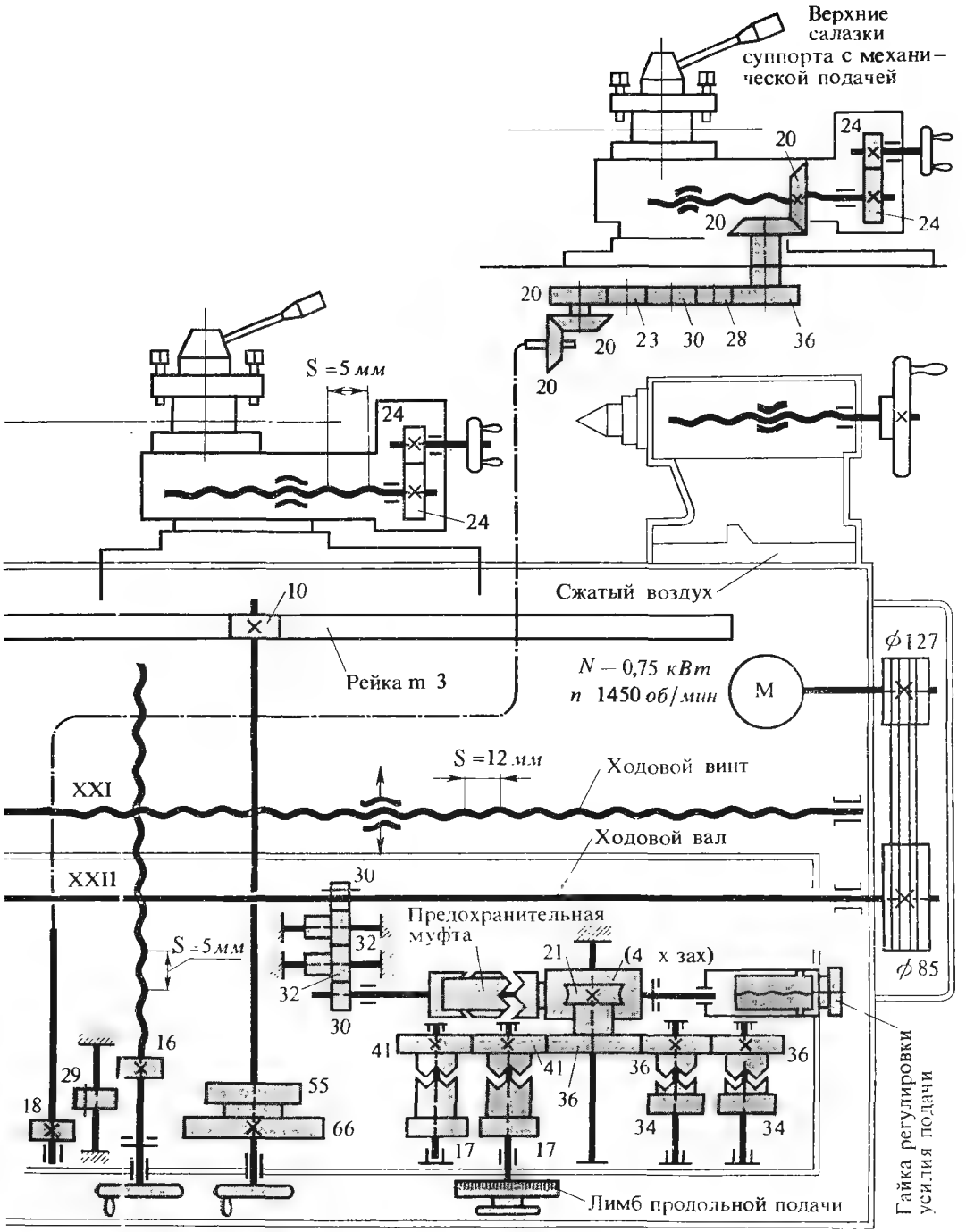
Механизм перебора состоит из блока *45—60* и шестерни *18*. Перебор обеспечивает два передаточных отношения.

$$\frac{45}{45} \cdot \frac{18}{72} = \frac{1}{4}; \qquad \frac{15}{60} \cdot \frac{18}{72} = \frac{1}{16}.$$

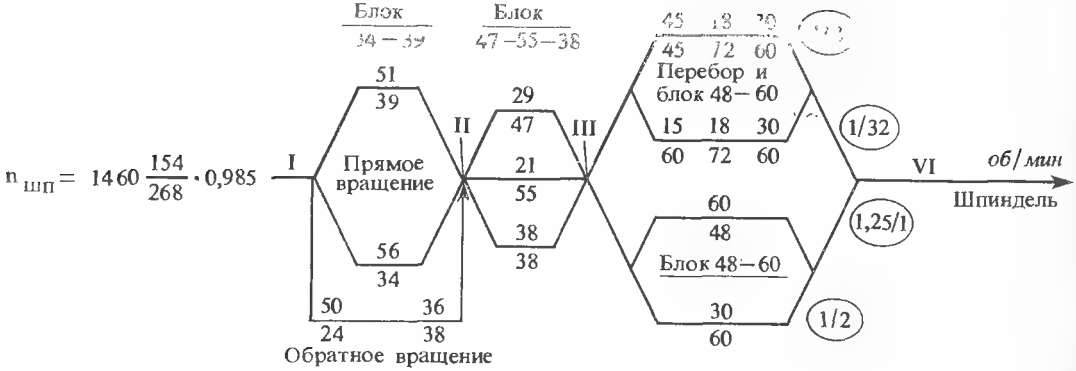
Шпиндель получает вращение от вала *V* через передачу $\frac{30}{60}$ (блок *48* и *60* включен вправо) или непосредственно от вала *III* через передачу $\frac{60}{48}$ или $\frac{30}{60}$ (блок *48—60* включен влево). При правом включении блока *48—60* вращение от вала *III* на шпиндель передается через меха-

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 16К20




Верхние салазки суппорта с механической подачей
20
24
20
24
20
23
30
28
36
20
20
20
S = 5 мм
24
24
Сжатый воздух
10
Рейка m 3
N — 0,75 кВт
n 1450 об/мин
M
ф127
S = 12 мм
Ходовой винт
XXI
Ходовой вал
XXII
30
Предохранительная муфта
32
32
30
21
(4 х зах)
ф85
S = 5 мм
16
29
18
55
66
41
41
36
36
36
34
34
17
17
Лимб продольной подачи
Гайка регулировки усилия подачи

195 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА КОРОБКИ СКОРОСТЕЙ СТАНКА 16К20 (ОБОЗНАЧЕНИЕ ВАЛОВ СМ. РИС. 194)



низм перебора и частота вращения шпинделя по сравнению с частотой вращения вала *III* уменьшается.

На шпинделе можно получить $2 \times 3 \times 2 = 12$ различных ступеней частот вращения. При включении блока *48 60* на прямую передачу (влево) на шпинделе можно также получить $2 \times 3 \times 2 = 12$ различных частот вращения. Таким образом, общее число частот вращения $12 + 12 = 24$. Частоты вращения $n = 500$ об/мин и $n = 630$ об/мин повторяются дважды. Схемы вариантов настройки коробки скоростей изображены на рис. 196, *а*, *б*.

Частоту вращения шпинделя для каждой ступени рассчитывают по уравнению кинематической цепи между электродвигателем и шпинделем.

Минимальная частота вращения шпинделя (при работе с перебором) будет:

$$n_{мин} = 1460 \cdot \frac{154}{268} \cdot 0,985 \cdot$$

$$\frac{51}{39} \cdot \frac{21}{35} \cdot \frac{1}{16} \cdot \frac{30}{60} = 12,5 \text{ об/мин.}$$

Максимальная частота вращения (при работе без перебора) будет

$$n_{макс} = 1460 \cdot \frac{154}{268} \cdot 0,985 \times$$

$$\times \frac{56}{34} \cdot \frac{38}{38} \cdot \frac{60}{48} = 1600 \text{ об/мин.}$$

Обратное (левое) вращение шпинделя осуществляется через промежуточный реверсивный блок *24—36* (муфта M_1 включена вправо) и далее, как при правом вращении. Так как в этом случае двойной блок *34 –39* в передаче движения не участвует, то число частот вращения обратного хода в два раза меньше, чем прямого хода (т. е. 12), причем обратное вращение шпинделя является ускоренным (передаточное отношение

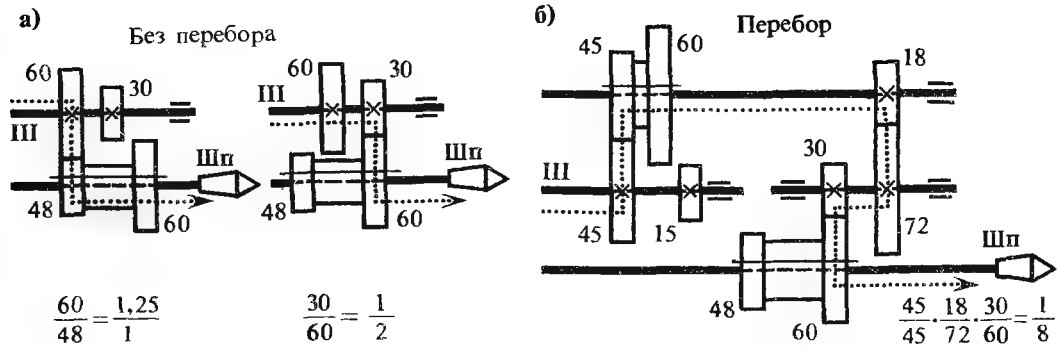
$$\frac{50}{24} \cdot \frac{36}{38} \text{ больше } \frac{51}{39} \text{ или } \frac{56}{34}\Big) \cdot$$

Привод подачи. Механизм коробки подач отличается от аналогичного механизма станка 1К62 тем, что конус зубчатых шестерен с накидной шестерней заменен обратимым блочным механизмом (структурная схема механизма подач приведена на рис. 197). При настройке станка на рабочую подачу от ходового вала и при нарезании метрической и дюймовой резьб (муфта M_3 включена влево, а M_4 — вправо) вращение от шпинеля через звено увеличения шага (блок *60 -45*), трензель (реверс) и гитару передается с вала *XII* через шестерни $\frac{28}{28}$ на вал *XIII*, передачи $\frac{28}{28}$ (или $\frac{28}{35}$, или $\frac{30}{25}$, или $\frac{42}{30}$) на вал *XV* и далее на множительный механизм такой же, как у станка 1К62.

При нарезании модульных и питчевых червяков вращение с вала *XII* на вал *XIV* передается через

196 СХЕМЫ ВАРИАНТОВ НАСТРОЙКИ КОРОБКИ СКОРОСТЕЙ СТАНКА 16К20:

а — прямая передача с вала III на шпиндель, б — передача с вала III на шпиндель через перебор



шестерни $\frac{28}{28}\cdot\frac{38}{34}$ (муфта M_3 включена вправо, а муфта M_4 — влево), затем через блоки *28—35*, *25—30* на вал *XIII*, шестерни $\frac{30}{33}$ — на вал *XV* и далее на множительный механизм (рис. 198).

На рис. 199 показана (развернуто) коробка подач станка 16К20:

Дальнейшая передача вращения из коробки подач через ходовой вал в механизм фартука на реечную шестерню (или на винт поперечной подачи) ясна из структурной схемы (см. рис. 197). Вращение на ходовой винт передается при правом положении муфты M_5: зубчатый венец $z = 18$ вала *XVII* входит в зацепление с внутренним зубчатым венцом $z = 18$ вала *XVIII* (см. рис. 199). При левом положении муфты M_5 вращение передается через зубчатые колеса $\frac{23}{30}\cdot\frac{24}{39}$, обгонную муфту и зубчатые колеса $\frac{28}{35}$ на ходовой вал *XXII*.

Коробка подач может обеспечить $4 \times 4 \times 2 = 32$ переключения, т. е. 32 продольные подачи (от 0,1 до 1,4 мм/об).

Гитара сменных шестерен может настраиваться с передаточным отношением $i_{гит} = \frac{40}{86}\cdot\frac{86}{64}$ — для поперечных подач и нарезания метрической и дюймовой резьб или с передаточным отношением $i_{гит} = \frac{60}{73}\cdot\frac{86}{36}$ для нарезания модульных и питчевых резьб (рис. 200).

На рис. 201 показаны органы управления, а на рис. 202 — суппорт станка 16К20.

§ 57. Особенности конструкции отдельных узлов

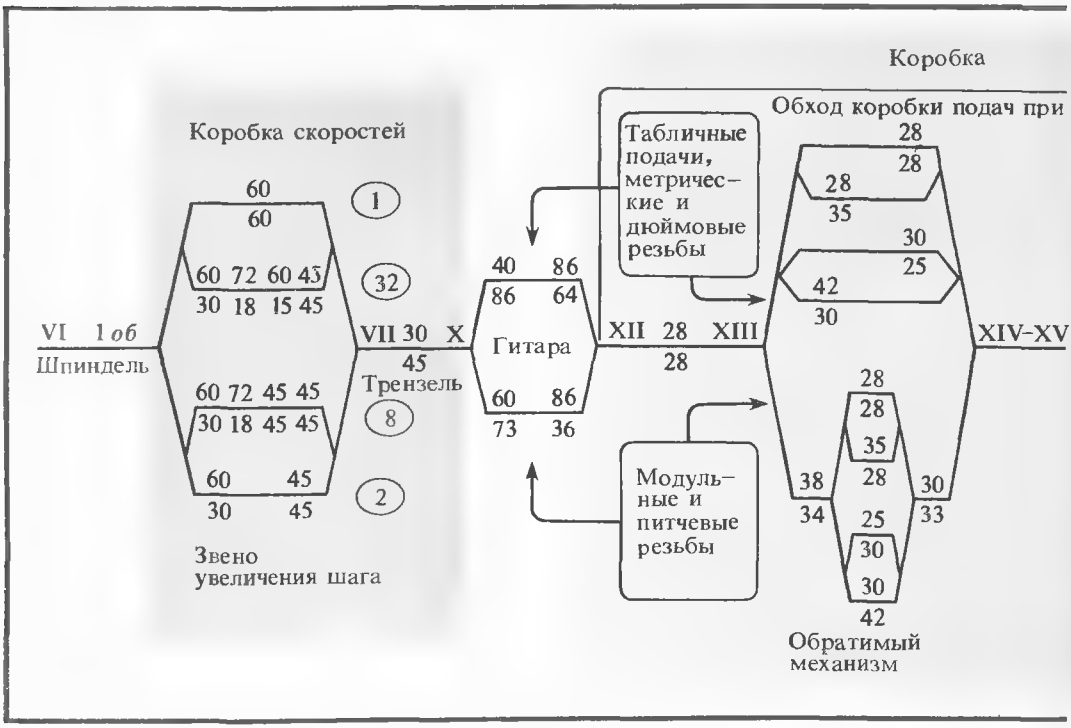
Гаечный механизм устранения «мертвого хода» винта поперечного суппорта (рис. 203). С целью устранения «мертвого хода» гайка подачи винта выполняется из двух полугаек *2* и *7*. Для регулирования зазора снимают крышку *5* и при помощи бородка (легким постукиванием) отворачивают контргайку *3*, а затем проворачивают регулировочную гайку *4*. Величину зазора определяют по лимбу поперечной подачи (допускается «мертвый ход» в пределах до одного деления лимба). После регулировки затягивают контргайку *3* и устанавливают крышку *5* на место.

Двухразрядный лимб продольной подачи (станка 16К20П). На лимбе станка имеется две шкалы. На первой шкале цена деления — 1 мм, т. е. перемещению суппорта на 1 мм соответствует поворот лимба на одно деление.

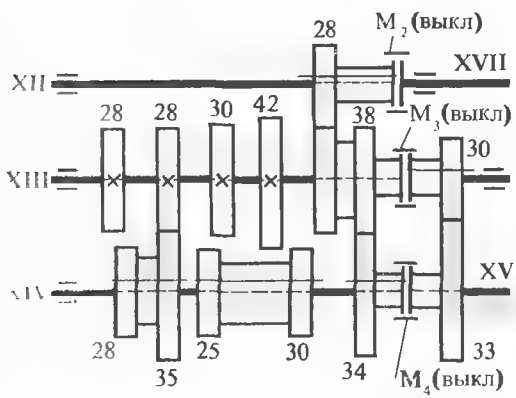
На второй шкале цена деления 100 мм, т. е. перемещению суппорта на 100 мм соответствует поворот лимба на одно деление.

Механизм автоматической подачи верхних салазок суппорта.

197 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МЕХАНИЗМА ПОДАЧ СТАНКА 16К20 (ОБОЗНАЧЕНИЯ ВАЛОВ СМ. РИС. 194)



198 СХЕМА ВАРИАНТА НАСТРОЙКИ КОРОБКИ ПОДАЧ СТАНКА 16К20 НА МОДУЛЬНУЮ И ПИТЧЕВУЮ РЕЗЬБЫ



подач

настройке на шаг резьбы при помощи гитары

1/2: 18/45, 35/28

1: 28/35, 35/28

1/4: 28/35, 15/48

1/8: 18/45, 15/48

XIV–XV

Множительный механизм

XVIII–XXI

Фартук

Резьбы мм/об

Ходовой винт S = 12 мм

XIX

23 24 28 30 32 4

40 39 35 32 30 21

Рейка m = 3

36 17 п = 3 · 10 мм/об

41 66

Продольная подача

36 34 55 29 = 5 мм/об

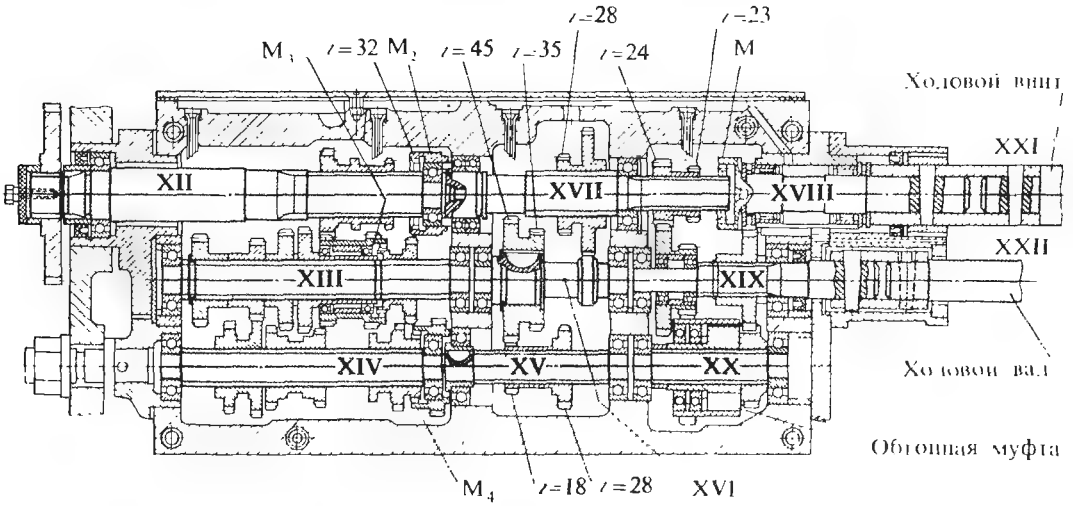
36 55 29 16

Поперечная подача

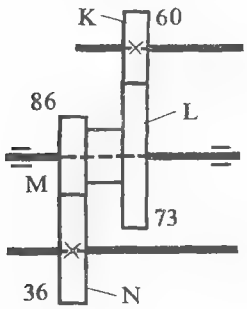
Винт поперечной подачи S = 5 мм

Обгонная муфта

199 КОРОБКА ПОДАЧ СТАНКА 16К20 (РАЗВЕРНУТО) (ОБОЗНАЧЕНИЯ ВАЛОВ И МУФТ СМ. РИС. 194)



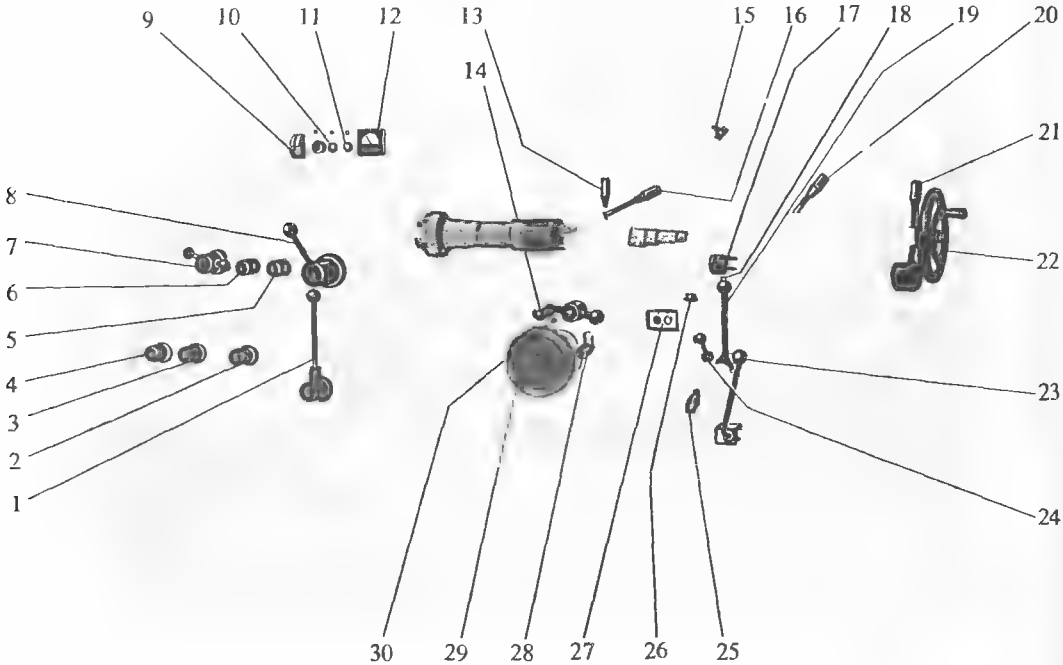
200 СХЕМА ВАРИАНТА НАСТРОЙКИ ГИТАРЫ СТАНКА 16К20 НА МОДУЛЬНУЮ И ПИТЧЕВУЮ РЕЗЬБЫ



Этот механизм встроен в станок 16К20П, а по особому заказу может поставляться со станком 16К20. Коническая шестерня $z = 20$ (см. рис. 194) винта верхних салазок получает вращение от шестерни $z = 29$ фартука через шестерню $z = 18$, коническую пару $z = 20$, 20, шестерни $z = 20$, 23, 30, 28, 36 и коническую шестерню $z = 20$. При помощи этого устройства можно обрабатывать конические поверхности под любым углом уклона конуса при автоматической подаче верхних салазок.

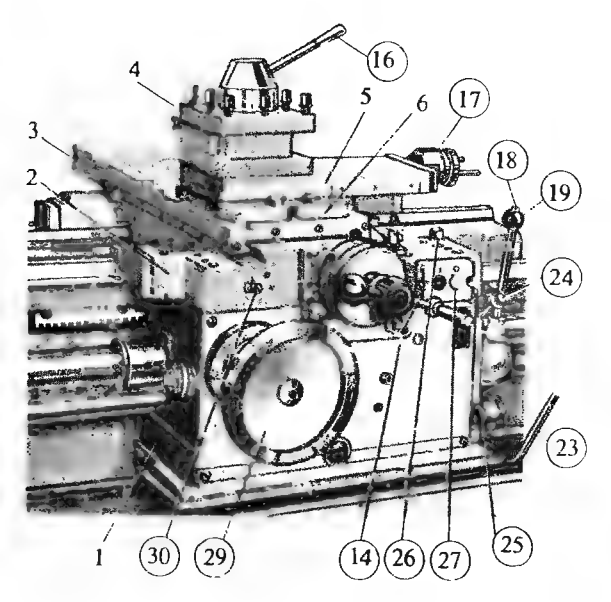
201 ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКА 16К20:

рукоятки: 1, 23 — управления фрикционной муфтой главного привода, 2 — установки величины подачи и шага резьбы и отключения механизма коробки подач, 3 — установки подачи и типа нарезаемой резьбы, 4 — установки величины подачи и шага резьбы, 5 — установки правой и левой резьбы, 6 — установки нормального или увеличенного шага резьбы и положения при делении многозаходных резьб, 7, 8 — установки частоты вращения шпинделя, 14 — ручного перемещения поперечных салазок суппорта, 16 — поворота и зажима резцедержателя, 17 — ручного перемещения верхних салазок суппорта, 19 — управления перемещениями каретки и поперечных салазок суппорта, 20 — зажима пиноли задней бабки, 21 — крепления задней бабки к станине, 24 — включения и выключения разъемной гайки ходового винта, 25 — включения подачи, 28 — включения и выключения реечной шестерни; выключатели: 9 — вводный автоматический, 11 — электронасоса подачи охлаждающей жидкости, 15 — лампа местного освещения; 10 — сигнальная лампа; 12 — указатель нагрузки станка; 13 — регулируемое сопло подачи охлаждающей жидкости; кнопки: 18 — включения электродвигателя привода ускоренной подачи каретки и поперечных салазок суппорта, 30 — золотника смазки направляющих каретки и поперечных салазок суппорта; маховики: 22 — перемещения пиноли задней бабки, 29 — ручного перемещения каретки; 26 — болт закрепления каретки на станине, 27 — кнопочная станция включения и выключения электродвигателя главного привода



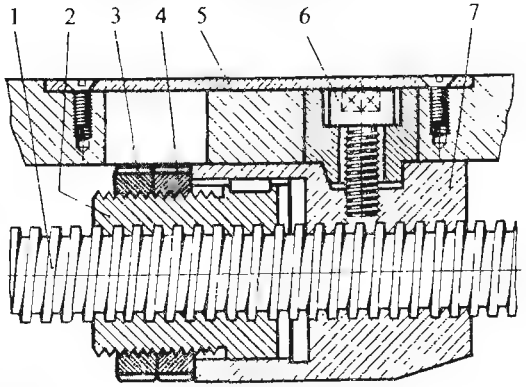
202 СУППОРТ СТАНКА 16К20:

1 — фартук, 2 — каретка, 3 — поперечные салазки, 4 — резцедержатель, 5 — верхние салазки, 6 — поворотная плита (цифры в кружках см. рис. 201)



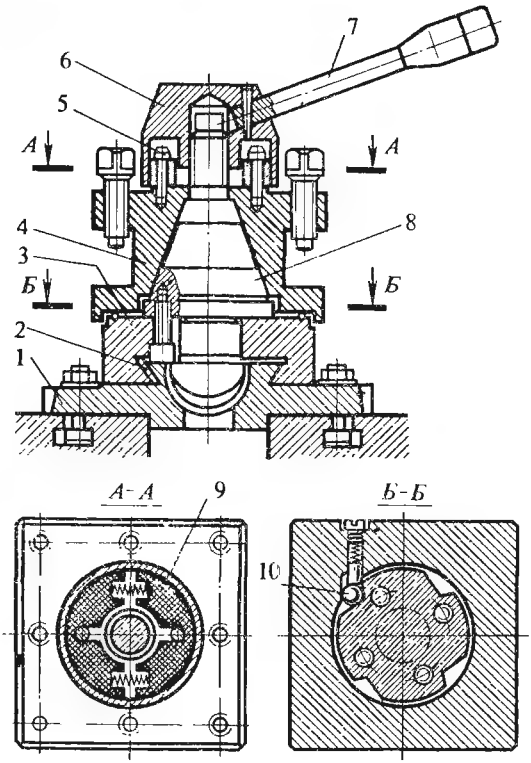
203 ГАЕЧНЫЙ МЕХАНИЗМ УСТРАНЕНИЯ «МЕРТВОГО ХОДА» ВИНТА ПОПЕРЕЧНОГО СУППОРТА:

1 — ходовой винт, 2 — регулируемая полугайка подачи, 3 — контргайка, 4 — регулировочная гайка, 5 — крышка, 6 — винт, 7 — основная полугайка подачи



204 РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЬ СТАНКА 16К20 С ПОСАДКОЙ НА КОНУС:

1 — каретка, 2 — регулировочный клин поперечных салазок, 3 — поперечные салазки, 4 — поворотный резцедержатель, 5 — винт, 6 — колпак, 7 — рукоятка, 8 — опора, 9 — фрикционная колодка, 10 — фиксатор

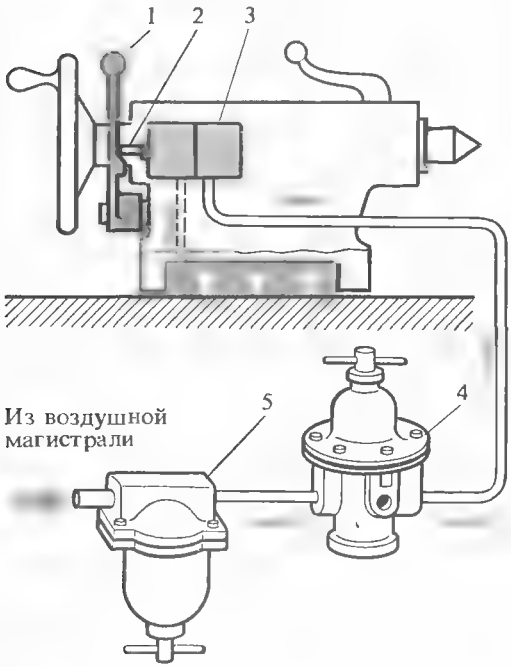


Резцедержатель на конусной основе (рис. 204). Резцедержатель станка 16К20 может фиксироваться и надежно закрепляться при помощи конусного сопряжения со своей опорой. Фиксация в основных четырех положениях осуществляется подпружиненным шариком, расположенным в резцедержателе и заскакивающим в гнезда конусного основания.

При повороте резцедержателя рукояткой *16* (см. рис. 201) вначале колпак *6* сходит по резьбе с центрального винта *5* (см. рис. 204) опоры. Затем подпружиненные фрикционные колодки, связанные со штифтами, прижимаются к расточке колпака и таким образом передают вращение на резцедержатель. При зажиме вначале поворачивается колпак вместе с резцедержателем, а после фиксации резцедержателя колпак, преодолевая трение колодок, навинчивается на винт окончательно, надежно закрепляя резцедержатель.

205 ПНЕВМООБОРУДОВАНИЕ ЗАДНЕЙ БАБКИ СТАНКА 16К20:

1 – рукоятка закрепления задней бабки и включения пневматики, 2 – толкатель клапана, 3 – трехходовой клапан, 4 – маслораспылитель, 5 – влагоотделитель



Задняя бабка на пневматической опоре (рис. 205). Задняя бабка станка 16К20 имеет пневматическое устройство, облегчающее перемещение ее по направляющим станины и предотвращающее износ направляющих. В это устройство входит воздушный трубопровод, подключенный к цеховой магистрали сжатого воздуха: фильтр (влагоотделитель) *5*, в котором осаждается имеющаяся в воздухе влага, маслораспылитель *4*, в котором воздух захватывает мелкие частицы масла, служащие для смазки клапана *3*; трехходовой клапан *3* для впуска сжатого воздуха в специальную камеру на подошве основания задней бабки с целью создания «воздушной подушки». Подача воздуха включается при нажиме кулачка, укрепленного на рукоятке *1*, на толкатель *2* клапана *3* (см. рис. 205).

Контрольные вопросы

1. **Перечислите основные особенности токарно-винторезного станка 16К20.**
2. **Рассчитайте по кинематической схеме максимальную и минимальную частоты вращения шпинделя при включении реверсивной муфты M_1 (см. рис. 194) на обратное вращение.**
3. **Как настраивается станок 16К20 на нарезание метрических, дюймовых, модульных и питчевых резьб?**
4. **Назовите основные конструктивные особенности узлов станка 16К20.**

Глава XI. Основы рациональной эксплуатации токарных станков

§ 58. Проверка станка на точность

На заводе-изготовителе составляется акт о приемке станка после проверки на точность. Такие проверки проводятся также после среднего и капитального ремонтов станка. Нормы точности каждого типа станка указаны в ГОСТ 42—56, которым руководствуются при проверке станков на точность.

Ниже приведены основные проверки токарного станка на точность.

Проверка радиального биения центрирующей шейки шпинделя передней бабки (рис. 206, *а*). Допускаемое биение для станков с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки 400 мм составляет 0,006—0,015 мм. Проверку осуществляют индикатором, установленным на направляющих станины. Измерительный шрифт индикатора должен касаться центрирующей шейки, шпиндель вращается с частотой вращения 10—20 об/мин.

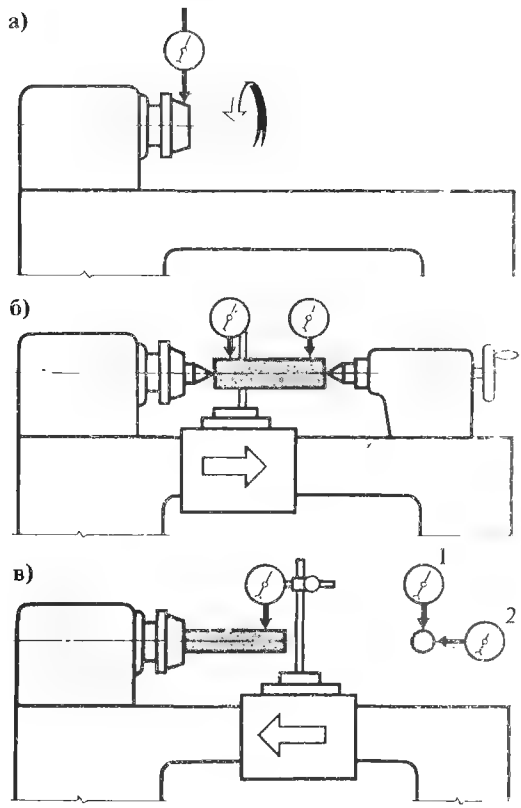
Проверка соосности осей шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки (рис. 206, *б*). Допускаемое отклонение 0,1 мм (ось пиноли может быть только выше оси шпинделя). Заднюю бабку с полностью выдвинутой пинолью устанавливают примерно на ½ наибольшего расстояния между центрами. Между центрами, закрепленными в шпинделе и пиноли, устанавливают точную цилиндрическую оправку, а на суппорте — индикатор так, чтобы его измерительный штифт касался оправки. Суппорт перемещают в продольном направлении, индикатор при этом показывает смещение оси пиноли относительно оси шпинделя. Замер делают в вертикальной плоскости (индикатор касается поверхности оправки сверху) и горизонтальной плоскости (индикатор касается поверхности шейки спереди).

Проверка параллельности оси шпинделя передней бабки направлению продольного перемещения суппорта (рис. 206, *в*). Допускаемое отклонение в вертикальной плоскости 0,030 мм, а в горизонтальной плоскости 0,015 мм на длине 300 мм. В отверстие шпинделя плотно вставляют точную закаленную и шлифованную цилиндрическую оправку, а на суппорте устанавливают индикатор так, чтобы его измерительный штифт касался поверхности оправки. Суппорт перемещают вдоль станины.

Для токарных станков предусмотрено 18—25 различных проверок. Эти проверки произво-

206 ОСНОВНЫЕ ПРОВЕРКИ ТОКАРНОГО СТАНКА НА ТОЧНОСТЬ:

а — радиального биения центрирующей шейки шпинделя передней бабки; б — расположения осей отверстия шпинделя передней бабки и пиноли на одинаковой высоте над направляющими станины; в — параллельности оси шпинделя передней бабки направлению движения каретки; 1, 2 — индикаторы



дятся отделом технического контроля (ОТК). Токарь проверяет станок только в случаях появления брака деталей, когда нужно убедиться, не является ли причиной брака неточность станка.

§ 59. Модернизация станков

Станки прежних выпусков, находящиеся в хорошем техническом состоянии, модернизируют, т. е. усовершенствуют, приближая таким образом их характеристики к уровню новых станков. Основные направления модернизации: повышение мощности, увеличение числа частот вращения шпинделя, увеличение верхнего предела частот вращения; повышение жесткости станка.

При модернизации токарные станки оснащают устройствами, механизирующими закрепление заготовки и снятие детали, ускоряющими подвод и отвод суппорта, улучшающими условия безопасной работы на станке. Модернизация обычно осуществляется при капитальном ремонте станка.

Для повышения мощности на станок устанавливают более мощный электродвигатель. Однако может оказаться, что какой-либо элемент привода главного движения не выдержит повышенной мощности; чтобы этого не произошло, во время модернизации станка производят поверочный расчет механизмов станка и на основании этого расчета усиливают слабые звенья (вместо плоскоременной передачи устанавливают клиноременную, заменяют материалы или изменяют размеры некоторых зубчатых колес, увеличивают число дисков фрикционной муфты и др.). Данные о проведенной модернизации вносят в паспорт станка.

Простейшим способом повышения быстроходности станка является увеличение диаметра ведущего шкива (на валу электродвигателя) и уменьшение диаметра ведомого шкива (на первом валу коробки скоростей). Перед такой модернизацией делают поверочный расчет на проскальзывание ремней, на соответствие подшипников шпинделя повышенной частоте вращения и при необходимости вносят в станок необходимые конструктивные усовершенствования.

Для повышения жесткости станок устанавливают на более массивные тумбы, в отдельных случаях между направляющими вставляют дополнительные ребра жесткости.

Часто целью модернизации токарного станка является расширение его технологических возможностей. Например, для обработки особо длинных валов удлиняют станину станка, для сверления глубоких отверстий вводят специальный механизм вращения сверла, для нарезания резьб — механизм ускоренного отвода резца от заготовки в конце каждого прохода и т. д.

Возможна также модернизация станка с целью узкой специализации — на обработку заготовок определенных деталей: ступенчатых валов, втулок, зубчатых колес и др.

§ 60. «Руководство по эксплуатации» и паспорт станка

Завод-изготовитель прилагает к станку специальный документ — «Руководство по эксплуатации станка». «Руководство» содержит: краткое описание назначения и области применения станка; инструкцию по перемещению (перевозке), распаковке и установке станка (с чертежом фундамента); описание конструкции основных узлов станка; инструкцию по пуску и обслуживанию станка; паспорт электрооборудования и электрическую схему станка.

Отдельной составной частью руководства является паспорт станка, оформленный на специальных стандартных бланках. Паспорт содержит: основные данные станка (характеристику); спецификацию узлов станка; таблицу основных параметров зубчатых колес, червяков, винтов и гаек; кинематическую схему станка; таблицу механики главного движения (положение рукояток и соответствующие им частоты вращения шпинделя, наибольшие допускаемые крутящие моменты, мощности, к. п. д., указания о слабых звеньях); таблицу механизма подачи (положение рукояток и соответствующие им числовые значения величин подач и резьб), схему расположения и спецификацию подшипников.

Иногда к руководству прилагаются чертежи наиболее часто заменяемых деталей станка.

Ознакомление с новым станком токарь начинает с изучения паспорта станка и руководства по эксплуатации. Этими документами руководствуются также при ремонтах и регулировках станка, смене смазки, модернизации станка или установке на него специальных приспособлений.

§ 61. Смазка станка

Шестеренчатый насос *12* (рис. 207), приводимый от электродвигателя главного привода через ременную передачу, засасывает масло из резервуара *18* и подает его через сетчатый фильтр *11* к подшипникам шпинделя и на маслораспределительные лотки. Примерно через минуту после включения электродвигателя начинает вращаться диск маслоуказателя *1*. Его постоянное вращение свидетельствует о нормальной работе системы смазки.

Из шпиндельной бабки и коробки подач масло через сетчатый фильтр с магнитным вкладышем *13* сливается в резервуар *18*. В процессе работы следят за вращением диска маслоуказателя *1*. При его остановке сразу выключают станок и очищают фильтр *11*. Для этого его вынимают из корпуса резервуара *18*, предварительно отсоединив трубы, отвертывают гайку, расположенную в нижней части, и снимают фильтрующие сетчатые элементы в пластмассовой оправке.

Каждый элемент промывают в керосине до полного очищения. Нельзя продувать фильтрующие элементы сжатым воздухом, так как это может привести к повреждению мелкой сетки. После очистки фильтр собирают, устанавливают в резервуар и подсоединяют трубы.

В новом станке фильтр *11* чистят не реже двух раз в неделю в течение первых двух недель, а затем раз в месяц.

Для очистки фильтра *13* с магнитным вкладышем его извлекают из резервуара *18*, снимают крышку, вынимают из стакана магнитный вкладыш и промывают в керосине все поверхности. Фильтр *13* чистят один раз в месяц. Фильтры *11* и *13* обязательно чистят перед и после каждой смены масла.

Ежедневно перед началом работы проверяют по указателю *16* уровень масла в резервуаре и при необходимости доливают через отверстие *17* в сливной магистрали. При замене масло сливают из резервуара *18* через пробку *19*. Перед заливкой свежего масла резервуар очищают и промывают керосином.

Смазка механизма фартука также автоматическая, но осуществляется от индивидуального плунжерного насоса *9*. Масло заливается в корпус через отверстие *10*, закрываемое пробкой, а сливается через отверстие *8*. Уровень масла контролируют по маслоуказателю *7*.

Направляющие каретки и поперечных салазок смазывают в начале и в середине смены, поочередно перемещая на быстром ходу каретку и поперечные салазки (включением рукояткой *19* и кнопкой *18* см. рис. 201) при нажатой кнопке *2* (рис. 207) до появления масляной пленки на направляющих. При винторезных работах направляющие, а также опорные втулки ходового винта, размещенные в фартуке, смазываются описанным выше образом при выключенной рукояткой *24* (см. рис. 201) разъемной гайке.

Опоры ходового вала и ходового винта и задней бабки смазываются фитилями из резервуаров, в которые масло заливается через отверстия *6* и *5*, закрываемые

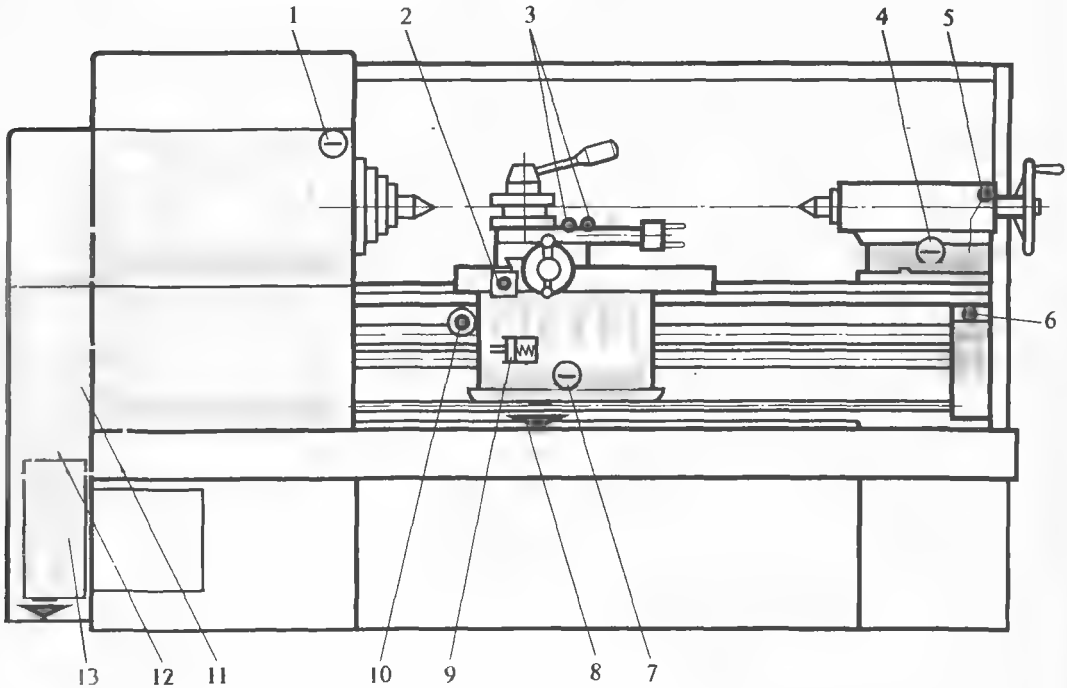
Таблица 13

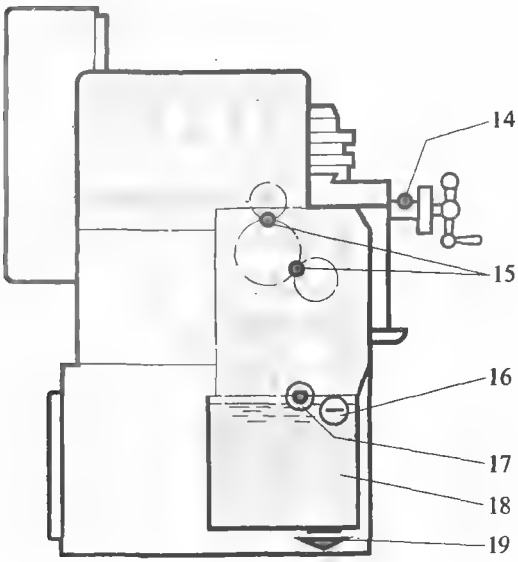
Карта смазки станка 16К20

№ п.п.	Смазываемые механизмы	Способ смазки	Марка смазочного материала	Периодичность смазки или замена масла	Номер смазываемой точки по схеме смазки (рис 207)	Количество заливаемого масла, л
1	Шпиндельная бабка и коробка подач	Автоматическая централизованная	Индустриальное 20 ГОСТ 1707-51	1 раз в 6 месяцев	Заливка — 17, слив — 19	17
2	Фартук	Автоматическая централизованная	Индустриальное 30 ГОСТ 1707-51	Замена масла при плановых осмотрах и ремонтах	Заливка — 10, слив — 8	1,5
3	Каретка и поперечные салазки суппорта	Полуавтоматическая от насоса фартука	Индустриальное 30 ГОСТ 1707-51	2 раза в смену	2	Из резервуара фартука
4	Задние опоры ходового винта и ходового вала	Ручная	Индустриальное 30 ГОСТ 1707-51	Еженедельно	6	0,03
5	Верхние салазки суппорта и опоры винта привода поперечных салазок	Ручная	Индустриальное 30 ГОСТ 1707-51	1 раз в смену	3,14	0,02
6	Задняя бабка	Ручная	Индустриальное 30 ГОСТ 1707-51	Еженедельно	5	0,2
7	Сменные шестерни	Ручная	Солидол синтетический УСс2 ГОСТ 4366-64	Ежедневно	15	0,1 кг

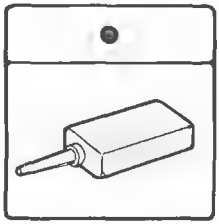
207 СХЕМА СМАЗКИ СТАНКА 16К20:

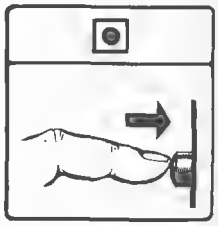
1, 7 — маслоуказатель, 2 — кнопка золотника смазки направляющих, 3, 14, 15 — точки ручной смазки, 4, 16 — указатель уровня масла, 5, 6, 10, 17 — отверстия для залива масла, 8, 19 — сливные отверстия, 9 — индивидуальный плунжерный насос, 11, 13 — сетчатый фильтр, 12 — шестеренчатый насос, 18 — резервуар

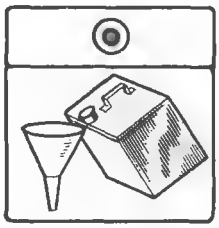


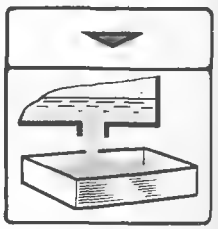


Условные обозначения









колпачками. Резервуар задней бабки заполняется до вытекания масла через отверстие (указатель) *4*.
Сменные шестерни и ось промежуточной сменной шестерни (точки *15*) смазываются вручную консистентной смазкой.
Остальные точки смазываются вручную при помощи масленки.
Первая замена масла – через 1 месяц после пуска станка в эксплуатацию, вторая – через 3 месяца, а далее – строго руководствуясь указаниями карты смазки (табл. 13).

§ 62. Основные правила ухода за токарным станком

От состояния станка зависит и работа его. Токарь должен беречь станок, ухаживать за ним, периодически очищать, самостоятельно устранять мелкие неполадки, о замеченных неисправностях оповещать мастера.
Для обеспечения длительной бесперебойной работы станка необходимо соблюдать следующие основные правила.
1. До начала смены токарь должен принять станок от сменщика. При приемке необходимо:
проверить общее состояние станка и включение двигателя;
опробовать работу фрикциона, первоначально включив станок на малую частоту и проверив на слух, нет ли каких-либо подозрительных шумов в коробке скоростей, коробке подач и в механизме фартука;
проверить по струйному маслоуказателю при малой частоте вращения шпинделя, работает ли шестеренчатый насос;
осмотреть направляющие станины – нет ли забоин и царапин;
проверить ход каретки суппорта, поперечных и верхних салазок суппорта, включение и переключение подач, замыкание и размыкание разъемной гайки;
убедиться в исправности насоса для подачи охлаждающей жидкости и системы трубопроводов;
убедиться в исправности осветительных устройств в станке;
убедиться в исправности предохранительного щитка;
убедиться в исправности заземления.
2. Своевременно и правильно смазывать станок согласно карте смазки, регулярно проверять и периодически очищать смазочные отверстия, следить за своевременной сменой смазки в коробке скоростей, коробке подач и фартуке суппорта.
3. Во время работы не класть заготовки, детали, режущие и измерительные инструменты на направляющие станины, использовать для этой цели деревянные или непластовые планшеты.
4. Для надежного закрепления резцедержателя не допускается постукивание молотком или металлическим стержнем по рукоятке. Периодически резцедержатель снимают, очищают опорную поверхность от грязи, промывают керосином и протирают гнезда фиксаторов.
5. Не оставлять двигатель станка включенным на продолжительное время, останавливать станок при измерении обрабатываемых заготовок (деталей), при перерывах в подаче электроэнергии, при наладочных или ремонтных работах у станка.
При выполнении ручных работ (развертывание, нарезание резьбы метчиком, сверление с ручной подачей пиноли, полирование), когда не требуется автоматическая подача суппорта, отключать механизм подачи, поставив рукоятку трензеля в нейтральное положение.
6. Тщательно убирать станок после работы, следить, чтобы на направляющих станины и суппортов не оставалась стружка, грязь, влага. Обтирочные материалы, которыми очищают стружку, не должны оставлять следов и ворса на протираемых поверхностях.
Если обрабатывался чугун, а затем нужно обрабатывать сталь с применением смазочно-охлаждающей жидкости, то вначале очищают направляющие от чугунной стружки, грязи и масла, протирают их тряпкой, смоченной в керосине, затем протирают насухо и вновь смазывают.
Не реже одного раза в месяц выполняют общую уборку станка и рабочего места (целесообразно эту работу выполнять вместе со сменщиком): обмывают станок теплым содовым раствором и вытирают; промывают сетку корыта, полностью сменяют эмульсию в резервуаре; промывают ходовые винты; тщательно очищают направляющие; протирают шкивы и сменные зубчатые колеса; снимают защитные кожухи и протирают их изнутри; очищают рабочее место под станком, под решеткой, вокруг станка, под тумбочкой; очищают и при необходимости ремонтируют решетку под ноги; наводят порядок в рабочей тумбочке.
После общей уборки полностью смазывают станок согласно инструкции. Два раза в год производят генеральную уборку станка и рабочего места.
7. Станок должен быть надежно установлен на фундаменте; о замеченных ослаблениях закрепления станка на фундаменте сообщают мастеру и механику цеха.

Контрольные вопросы

1. **Как проверяют токарный станок на радиальное биение шпинделя, соосность осей шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки?**
2. **Назовите основные направления модернизации старых токарных станков.**
3. **Для чего нужен токарю паспорт станка?**
4. **Укажите основные точки и периодичность смазки токарно-винторезного станка 16К20.**
5. **Перечислите основные правила ухода за токарным станком?**

Токарные работы повышенной сложности

Часть третья

Глава XII. Обработка фасонных поверхностей

§ 63. Обработка фасонных поверхностей способом сочетания двух подач

Любую фасонную поверхность тела вращения можно получить сочетанием продольной и поперечной подач. При определенном навыке, периодически контролируя заготовку (деталь) шаблоном, токарь довольно точно может выточить фасонную рукоятку, шар и другие фасонные детали. Предварительно заготовку обрабатывают проходным резцом, придавая ей форму, близкую к заданной. Способ обработки сочетанием двух подач непроизводителен и применяется при единичном изготовлении деталей.

Некоторое ускорение фасонной обработки дает несложное приспособление, показанное на рис. 208, *а*. Токарь включает автоматическую продольную подачу и работает только рукояткой поперечной подачи, следя, чтобы конец проволочного рейсмаса *3* все время касался фасонного контура, вычерченного на листке планшета *2*, который закреплен в держателе *1*.

Можно в заднюю бабку закрепить эталон *4* детали и контролировать поперечную подачу постоянным прикосновением щупа *5* с эталоном (рис. 208, *б*).

§ 64. Обработка фасонных поверхностей по копиру

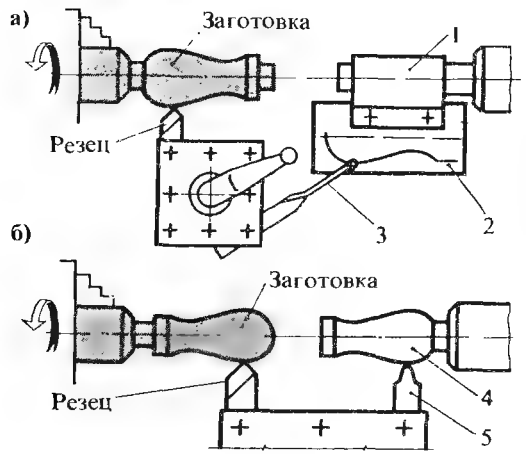
Копировальную (конусную) линейку (см. рис. 157) применяют и для обработки фасонных поверхностей. Для этого вместо поворотной линейки на плиту приспособления закрепляют копир с фасонным пазом. В этом пазу находится ролик, связанный с тягой суппорта. Как при обработке конусов, гайку поперечного суппорта отсоединяют от винта. При продольной подаче каретки поперечная подача суппорта будет подчинена движению ролика по пазу копира и резец будет воспроизводить на заготовке профиль установленного на линейке копира (рис. 209). Существуют конструкции копировальных устройств с прижимом ролика к открытому копиру пружинами.

Контроль фасонных поверхностей осуществляют шаблонами. Контур измерительной поверхности шаблона соответствует контролируемому профилю. Шаблон прикладывают к детали так, чтобы его плоскость совпадала с диаметральной плоскостью детали, и ведут контроль «на просвет» (рис. 210, *а*).

Если фасонная поверхность имеет вогнутый и выпуклый участки (рис. 210, *б*), то в процессе обработки эти участки контролируют самостоятельными шаблонами Ш1 и Ш2, а общий контроль осуществляют комплексным шаблоном Ш3. Сами шаблоны контролируют контршаблонами КШ.

208 ОБРАБОТКА ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СПОСОБОМ СОЧЕТАНИЯ ДВУХ ПОДАЧ:

а – контроль по чертежу, б – контроль по эталонной детали: 1 – держатель планшета, 2 – планшет с чертежом фасонного контура детали, 3 – рейсмас, 4 – эталонная деталь, 5 – щуп



§ 65. Обработка фасонных поверхностей фасонными резцами

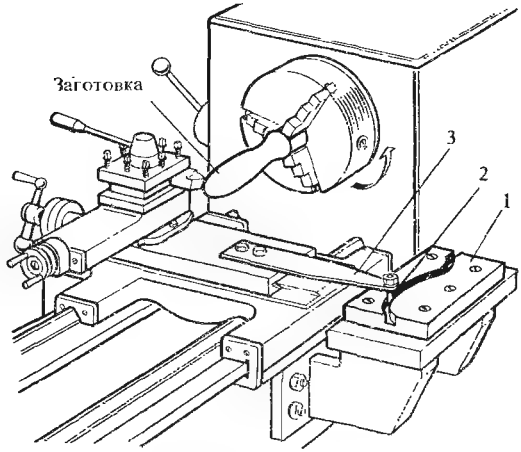
Короткие фасонные поверхности длиной до 60 мм в серийном и массовом производстве обрабатывают фасонными резцами. Профиль режущей кромки фасонного резца соответствует профилю обрабатываемой поверхности.

Стержневые фасонные резцы. Простейшим фасонным резцом является стержневой с приваренной или напаянной режущей пластинкой (рис. 211). Переточка по задней поверхности, т. е. по всей профильной режущей кроме — сложная и трудоемкая операция, поэтому, как правило, фасонные резцы перетачивают по передней поверхности. После переточки по передней поверхности исходный профиль режущей кромки сохраняется.

Стержневой резец допускает только две-три переточки по передней поверхности, так как после каждой переточки, чтобы установить режущую кромку резца по центру заготовки, резец поднимают выше при помощи подкладок, и он может упереться в «потолок» паза резцедержателя. Малое число допускаемых переточек является недостатком стержневых рез-

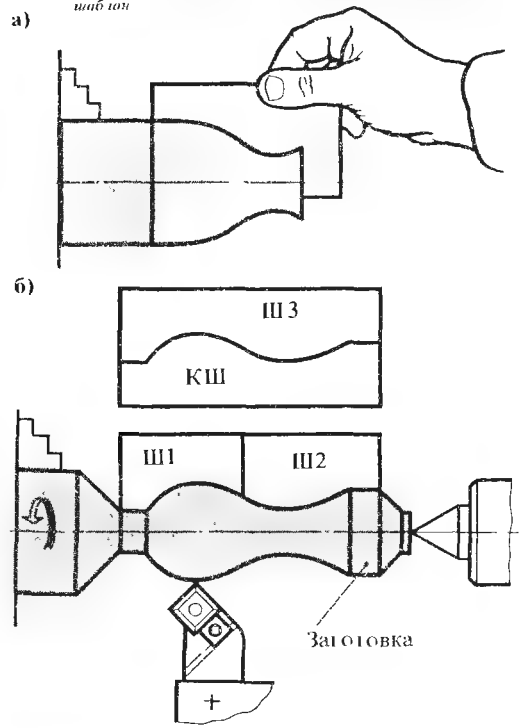
209 ОБРАБОТКА ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ КОПИРОВАЛЬНОЙ ЛИНЕЙКИ:

1 – копир, 2 – ролик, 3 – тяга



210 КОНТРОЛЬ ФАСОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ШАБЛОНАМИ:

а – «на просвет», б – поверхности с вогнутыми и выпуклыми участками, шаблоны: Ш1 – для контроля выпуклой поверхности, Ш2 – для контроля вогнутой поверхности, Ш3 – комплексный шаблон, КШ – контрошаблон



цов, их применяют, как правило, в качестве радиусных и галтельных (см. рис. 211).

С целью предупреждения вибраций вылет фасонного резца из резцедержателя не должен превышать высоты державки.

Призматические резцы. Шлифованный профиль задней поверхности призматического резца соответствует заданному фасонному профилю детали. Резец крепят (рис. 212) в специальной державке хвостовиком, имеющим форму «ласточкин хвост». Для образования заднего угла резец устанавливают под углом к подошве державки. Переточку резца осуществляют шлифованием передней поверхности.

Дисковый, или круглый, резец имеет фасонную наружную поверхность, форма которой является зеркальным отображением заданной фасонной поверхности детали. В резце имеется угловой вырез. Пересечением плоскости выреза с наружной фасонной поверхностью образуется фасонная режущая кромка (рис. 213, *а*).

Если бы передняя поверхность резца проходила через центр заготовки, а центр дискового резца находился на уровне центра заготовки, то резец имел бы нулевые значения переднего и заднего углов, т. е. практически не работал бы (рис. 213, *б*). Чтобы создать работоспособную геометрию режущего клина, вырез делают ниже центра резца, а центр резца устанавливают выше центра заготовки (рис. 213, *в*). Кроме того, переднюю поверхность перетачивают по касательной к определенной постоянной условной окружности, радиус которой $r = R\sin(\alpha+\gamma)$, где α – заданный задний угол, γ – заданный передний угол. При указанных условиях установки резца значения переднего и заднего углов будут положительные.

После каждой переточки по передней поверхности дисковый резец поворачивают на оси державки, вновь устанавливают по центру и закрепляют. Имеющиеся на торце резца и на торце державки зубцы предотвращают проворот резца от усилий, возникающих при резании.

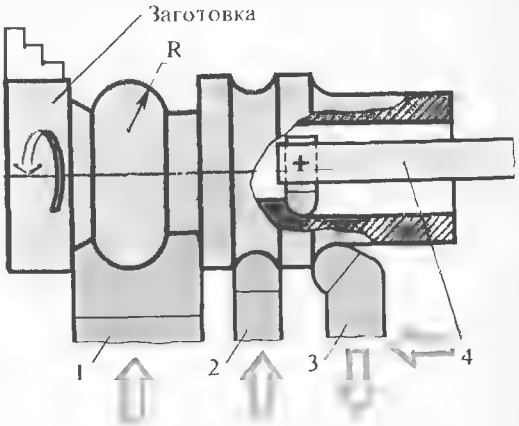
Призматические и дисковые резцы изготовляют обычно из быстрорежущей стали, реже применяют твердосплавные.

Чтобы уменьшить вибрацию заготовок при обработке фасонным резцом способом поперечной подачи, предварительно протачивают поверхность проходным резцом, оставляя небольшой припуск на окончательную обработку фасонным резцом.

Фасонный резец подводят к заготовке плавно.

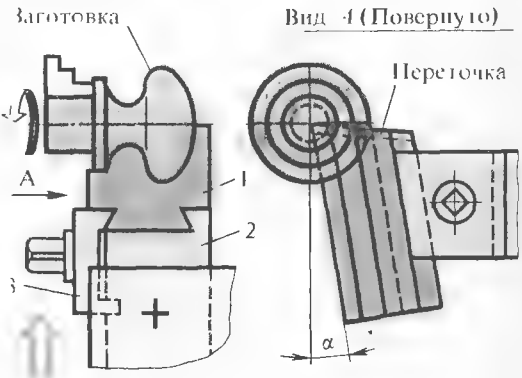
211 СТЕРЖНЕВЫЕ ФАСОННЫЕ РЕЗЦЫ:

1 – стержень профиля; 2 – радиусный канавочный; 3 – наружный галтельный; 4 – внутренний галтельный



212 ПРИЗМАТИЧЕСКИЙ ФАСОННЫЙ РЕЗЕЦ:

резец; 2 – державка; 3 – прижимная планка

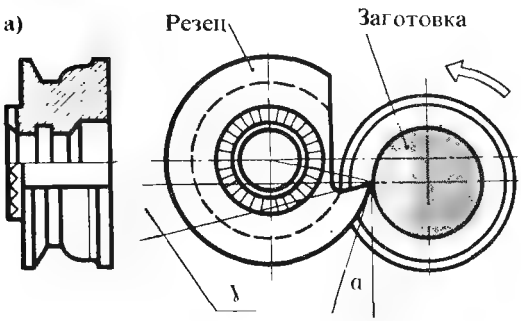


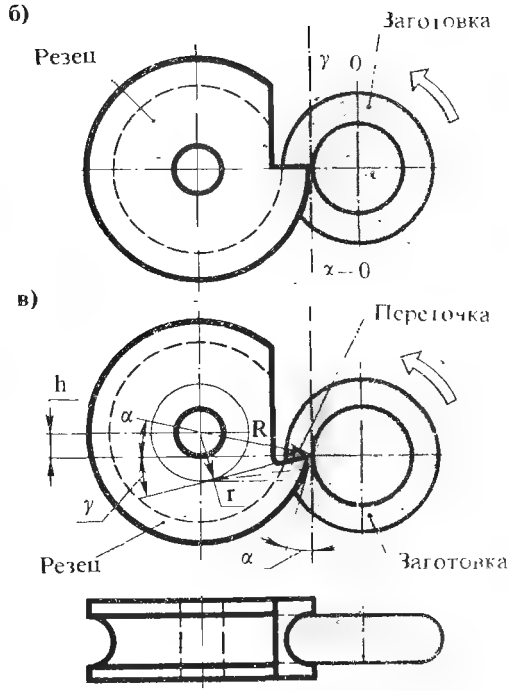
Подача обычно ручная (0,02—0,1 мм/об), причем к концу прохода подачу уменьшают. Для получения малой шероховатости поверхности скорость резания при точении фасонными резцами не должна превышать 30 м/мин.

В качестве смазочно-охлаждающей жидкости при фасонной обработке стали применяют эмульсию или сульфофрезол.

213 ДИСКОВЫЙ ФАСОННЫЙ РЕЗЕЦ:

а — конструкция резца, б — установка резца по центру заготовки ($\alpha = 0$, $\gamma = 0$), в — установка резца выше центра заготовки ($\alpha > 0$, $\gamma > 0$)





Обточку галтелей (радиусных переходов) ступенчатых валов обычно совмещают с чистовым проходом по шейке вала радиусным резцом (см. рис. 211).

Виды, причины и меры предупреждения брака при обработке фасонных поверхностей приведены в табл. 14.

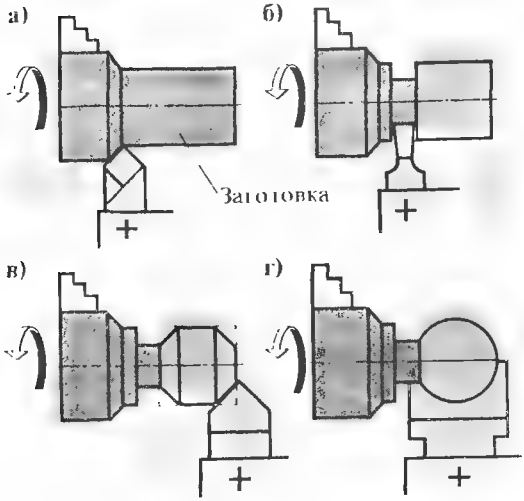
Таблица 14

Брак при обработке фасонных поверхностей и меры его предупреждения

Виды брака	Причины	Меры предупреждения
Фасонный профиль детали не соответствует заданному	При работе фасонным резцом: профиль резца не соответствует заданному; резец заточен с бо́льшим или меньшим передним углом, чем предусмотрено:	Заменить резец
	резец установлен выше или ниже центра	Отрегулировать установку резца по центру
	При работе способо́м двух подач неправильно произведен контроль выпуклых и вогнутых элементов профиля	Контролировать выпуклые и вогнутые элементы профиля раздельными шаблонами
	При работе копировальными приспособлениями: не «выбирается» люфт между винтами и гайками механизмов продольной и поперечной подач	Устранить люфты
Большая шероховатость обрабатываемой поверхности	отжим резца и заготовки в процессе резания	Проверить закрепление резца и заготовки
	Вибрация заготовки из-за большой ширины режущей кромки	Разделить обтачиваемый профиль по длине и обрабатывать двумя фасонными резцами
	Неправильно приняты режимы резания	Уменьшить подачу Уменьшить скорость резания

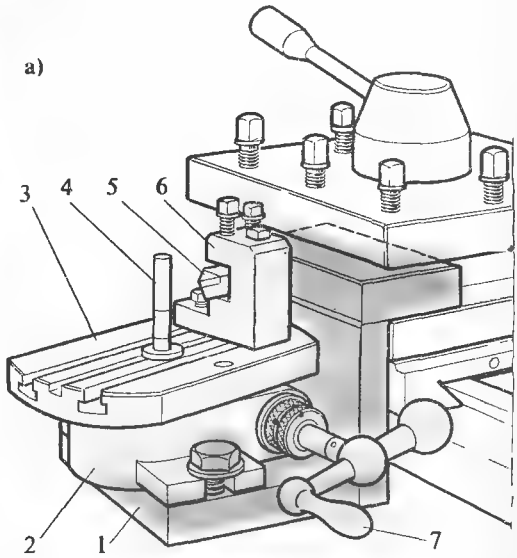
214 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ:

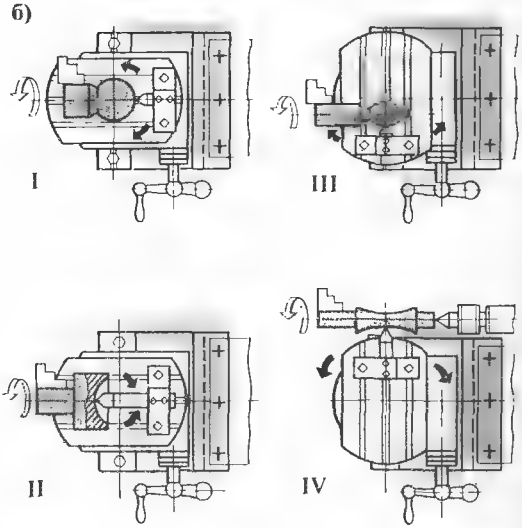
а — наружное обтачивание, б — прорезание канавки в начале фаски, г — обтачивание фасонным резцом



215 ПРИСПОСОБЛЕНИЕ С ПОВОРОТНЫМ СТОЛИКОМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ:

а — устройство: 1 — угольник, 2 — корпус поворотного столика, 3 — поворотный столик, 4 — установочный калибр, 5 — резец, 6 — резцедержатель, 7 — рукоятка поворотного столика; б — схемы наладок: I — обтачивание наружной сферы, II — растачивание внутренней сферы, III — обработка со смещением поворотного столика от токаря, IV — обработка со смещением столика на токаря





§ 66. Обработка сферических (шаровых) поверхностей

Сферические поверхности небольшого диаметра (до 40 мм) обрабатывают фасонными резцами. Последовательность выполнения этой операции показана на рис. 214, *а—г*.

Точно и с высокой производительностью обрабатывают шаровые поверхности при помощи специального приспособления, создающего перемещения вершины резца по дуге окружности. Одно из таких приспособлений состоит из угольника и стандартного фрезерного поворотного столика (рис. 215, *а*). При вращении рукоятки *7* червячной передачи столик *3* получает вращение, и закрепленный на нем резец совершает движение по дуге окружности.

Если резцедержатель расположен справа от центра обрабатываемой шаровой поверхности, то получается выпуклая сфера, а если слева — то вогнутая сфера (рис. 215, *б*). Возможно использование приспособления для обработки неполных сферических поверхностей (при некотором смещении центра поворотного стола от оси заготовки «на токаря» или «от токаря». Неполные сферические (шаровые) поверхности радиусом свыше 100 мм обрабатывают без

какого-либо приспособления при помощи мерного стержня (штихмаса), длина которого равна заданному радиусу R шаровой поверхности. Для обработки наружной сферы между поперечными салазками супорта станка и упором *1*, закрепленным на станине, устанавливают мерный штихмас *2* (рис. 216). Резец подводят к поверхности большого диаметра заготовки и штихмас ставят на перекос. При автоматической подаче поперечных салазок супорта штихмас поворачивается относительно своего неподвижного левого конца и отжимает каретку супорта вправо, а резец при этом будет описывать кривую радиуса R, т. е. обтачивать сферическую (шаровую) поверхность.

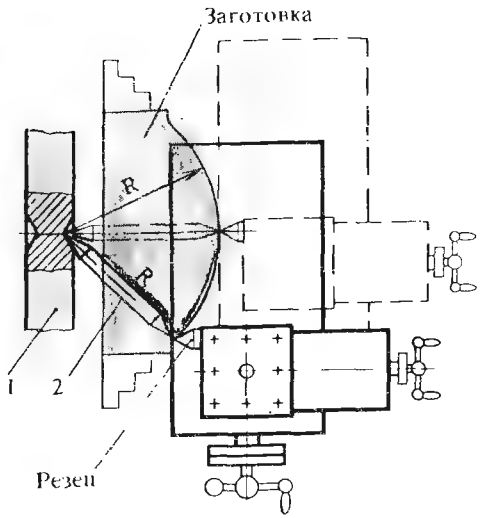
Для обработки внутренней поверхности штихмас должен упираться в упор справа от каретки (упором может служить плита задней бабки). Концы штихмаса остро заточены, а в поперечных салазках супорта и плите имеются накернённые углубления, куда входят концы штихмаса.

При наладке станка на обработку шаровых поверхностей следят, чтобы конец штихмаса со стороны упора находился под воображаемым центром окружности радиуса R, что достигается контролем при первом пробном проходе шаблоном и соответствующей регулировкой положения упора, который крепится к станине планкой.

В серийном производстве торцовые сферические (и фасонные) поверхности обрабатывают при помощи приспособления, показанного на рис. 217. Копир в виде плоского шаблона закрепляют в держателе *5*, хвостовик которого вставляют в коническое отверстие пиноли задней бабки. Работу ведут при ручной или автоматической подаче поперечных салазок.

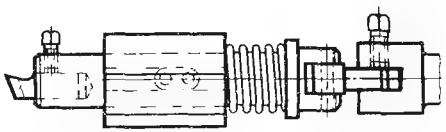
216 ОБРАБОТКА СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОМОЩИ МЕРНОГО ШТИХМАСА:

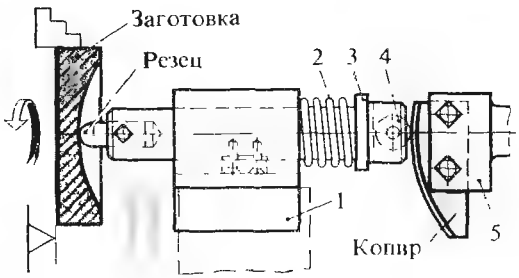
1 — упор; 2 — мерный штихмас



217 ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТОРЦОВОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ:

1 — держатель резца; 2 — пружина; 3 — шайба; 4 — ролик; 5 — держатель копира



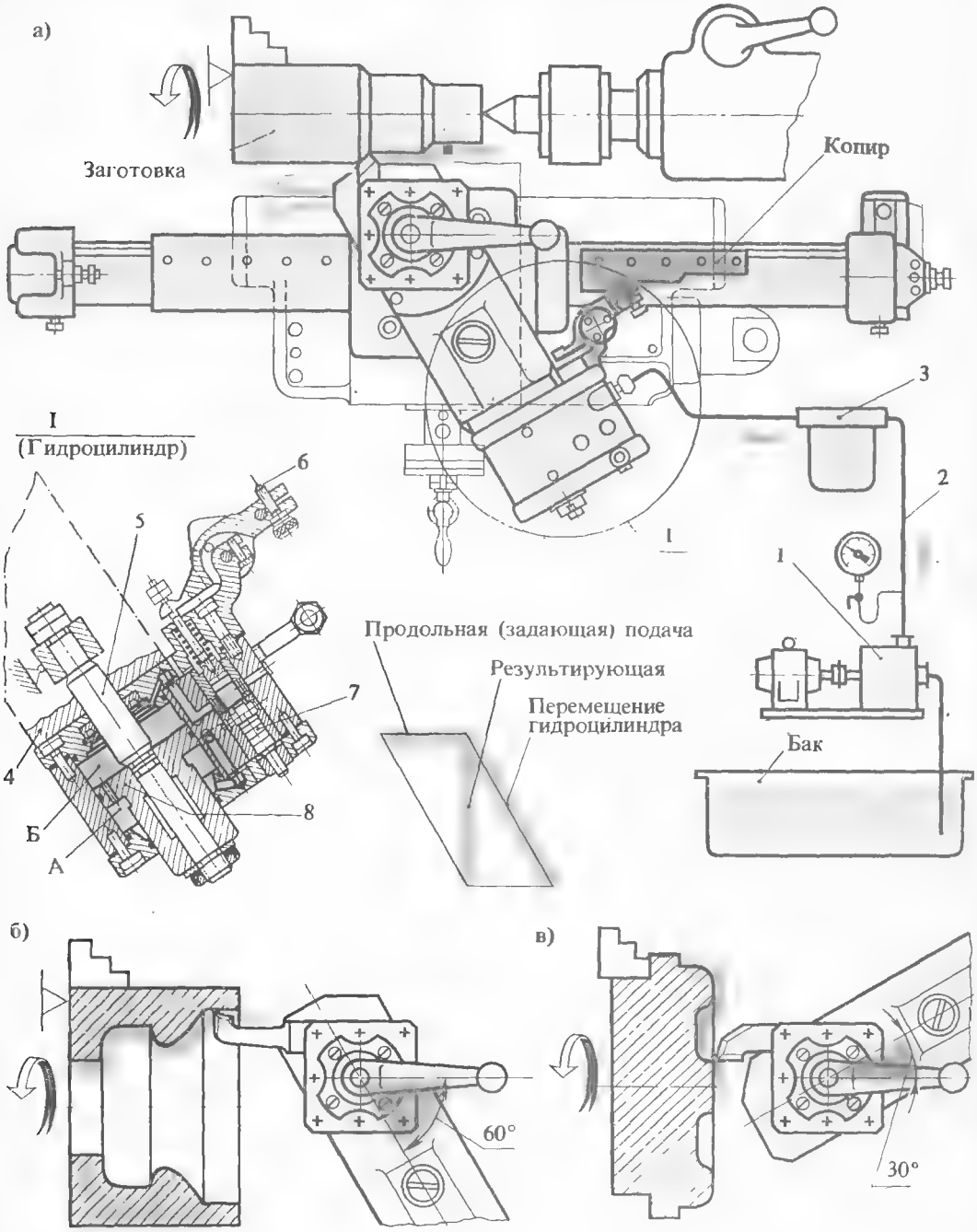


§ 67. Обработка фасонных и ступенчатых поверхностей при помощи гидрокопировального суппорта

Современные токарные станки оснащаются гидравлическим копировальным суппортом, который целесообразно применять при обработке партии 20 деталей и более. Гидрокопировальный суппорт ГСП-41 к станку 1К62 (рис. 218) позволяет обтачивать ступенчатые валики и выполнять различные копировальные работы с закреплением заготовки в центрах или в патроне. Гидросуппорт позволяет повысить про-

218 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СУППОРТ ГСП-4[illegible]

[illegible]



изводительность труда на 25—40%. Точность деталей, заготовки которых обрабатывались при помощи гидросуппорта, 3—5-го классов, а шероховатость поверхности шестого класса.

Гидрокопировальный суппорт устанавливают на поперечных салазках суппорта при снятых поворотной плите и верхних салазках.

Для продольного точения среднюю часть копировального суппорта устанавливают под углом 60° к направлению продольной подачи (рис. 218, *а*). При торцовом точении среднюю часть устанавливают на месте крепления заднего резцедержателя под углом 30° к направлению продольной подачи (рис. 218, *в*). Растачивание показано на рис. 218, *б*.

На рис. 218, *а* показана схема работы гидросуппорта. От насоса *1* через фильтр масло поступает в меньшую полость *А* гидроцилиндра. Полость *Б* цилиндра соединена со следящим устройством. Обе полости цилиндра сообщаются между собой через отверстие в поршне *8*. Шток *5* гидроцилиндра жестко закреплен в кронштейне поворотной части суппорта, т. е. поршень неподвижен, а цилиндр имеет возможность перемещаться. Гидроцилиндр привернут к копировальному суппорту *4*.

Следящее устройство представляет собой золотник *7*, корпус которого расположен в блоке с цилиндром, а сам золотник при помощи пружины прижимается через рычаг со щупом *6* к копиру. Между золотником и выточкой в корпусе следящего устройства образуется кольцевое проходное сечение.

При выдвинутом вперед (на схеме вверх) золотнике выход масла из большой полости цилиндра перекрывается и благодаря тому, что обе полости цилиндра соединены отверстием, в них устанавливается одинаковое давление. Так как площадь поршня в полости *А* примерно вдвое больше, чем в полости *Б*, то усилие, действующее на цилиндр, направлено к обрабатываемой заготовке (на схеме вверх) и суппорт движется вперед к заготовке.

При нажатии на золотник между ним и его корпусом образуется канал, достаточный для пропуска масла из полости *Б* в бак. Тогда благодаря сопротивлению в поршневом отверстии давление в полости *А* значительно превосходит давление в полости *Б*, в результате чего равнодействующее усилие на цилиндр направлено от обрабатываемой заготовки (на схеме вниз) и суппорт отходит назад.

Если относительное положение золотника и корпуса следящего устройства образует между ними малый канал, то масло, выходящее из полости *Б*, испытывает сопротивление, и давление в полости *Б* становится вдвое меньше, чем в полости *А*, усилия, действующие на цилиндр, уравновешиваются и копировальный суппорт остается неподвижным (происходит обработка цилиндрической поверхности).

В местах перехода от цилиндрической поверхности к прямоугольному торцу щуп отклоняется и, нажимая на золотник, увеличивает канал в следящем устройстве, вследствие чего копировальный суппорт начинает отходить от заготовки. Так как каретка продолжает двигаться с постоянной скоростью к передней бабке, то в результате сложения этих двух движений образуется прямой угол на заготовке. Аналогично при копировании других профилей, благодаря сложению движений, на заготовке воспроизводится форма копира.

Гидросуппорт ГСП-41 позволяет сочетать работу по копиру с «доделочными» переходами: протачиванием канавок, снятием фасок, отрезанием. Некопировальные операции выполняют при выключении гидронасоса.

Копиры (шаблоны) изготовляют из листовой стали.

Контрольные вопросы

1. **Как обрабатывают фасонные поверхности сочетанием двух подач?**
2. **Какие копировальные приспособления применяют для обработки фасонных поверхностей?**
3. **Как контролируют фасонные поверхности?**
4. **В чем заключается способ обработки сферических (шаровых) поверхностей при помощи мерного штихмаса?**
5. **Перечислите основные виды брака при обработке фасонных поверхностей и укажите меры его предупреждения.**

Глава XIII. Отделка поверхностей

§ 68. Доводка (притирка)

Доводкой (или притиркой) осуществляют окончательную чистовую обработку поверхностей с целью получения высокой точности (класса 2, 1) и малой шероховатости.

Инструментом для доводки является чугунный или медный притир, представляющий собой втулку с одной или несколькими прорезями. Рабочей поверхностью притира для обработки наружной поверхности детали является внутренняя поверхность притира, а для внутренней поверхности детали — наружная поверхность притира. Рабочую поверхность притира покрывают абразивной пастой, состоящей из мелкозернистого абразивного порошка и масла.

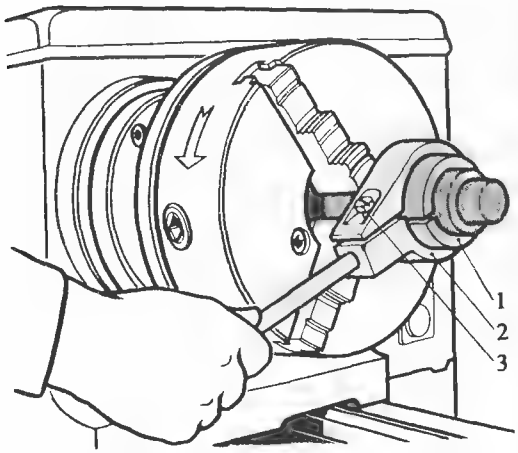
На рис. 219 показан притир с хомутом для притирки наружной цилиндрической поверхности. В процессе обработки притир периодически сжимают при помощи винта, который стягивает хомут. Для внутренней поверхности применяют разжимной притир (рис. 220, *а—в*). Разжим этого притира осуществляется навинчиванием гайки *4* при одновременном отвинчивании гайки *2* (притир сдвигается по конической оправке и разжимается). Такой притир крепят в шпинделе станка, а притираемую деталь насаживают на притир и удерживают от проворачивания приспособлением (жимком). Подача при притирке ручная, равномерная, окружная скорость 10—20 м/мин, причем периодически реверсируют (изменяют направление) вращение шпинделя.

§ 69. Полирование

Полированием на токарном станке получают малую шероховатость поверхности (12-й класс). Полирование осуществляют образивной шкуркой, которая представляет собой полотно с наклеенным на него слоем абразивных зерен. В зависимости от размера зерен различают шкурки грубые (№ 6, 5, 4), средние (№ 3, 2), мелкие (№ 1, 0) и отделочные (№ 00, 000).

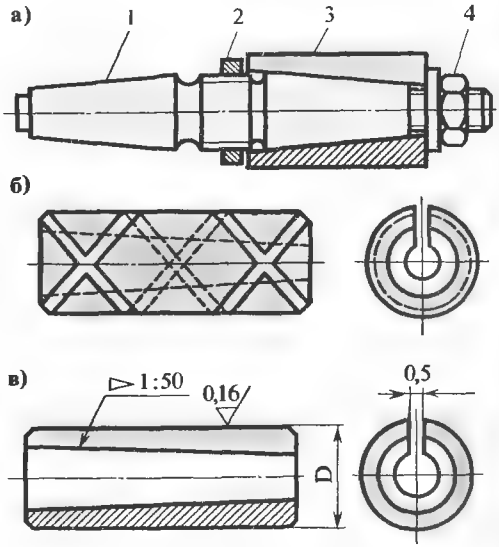
219 ПРИТИРКА НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ:

1 — разрезной притир, 2 — хомут, 3 — регулировочный болт



220 ПРИТИРЫ ДЛЯ ДОВОДКИ ОТВЕРСТИЙ:

а — притир в сборе с оправкой, б — для предварительной доводки, в — для окончательной доводки, 1 — оправка, 2, 4 — гайки, 3 — притир

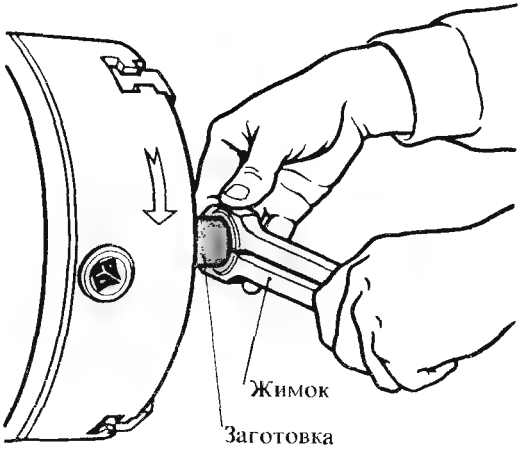


Полирование на токарном станке выполняют при помощи жимков — двух шарнирно связанных деревянных колодок, между которыми вкладывают абразивную шкурку (рис. 221). Токарь удерживает жимки за ручки левой рукой, создавая необходимый прижим шкурки к заготовке (детали), а правой рукой поддерживает шарнир и осуществляет продольную подачу. Можно закреплять шкурку в резцедержателе при помощи деревянной колодки с обхватом заготовки (детали) шкуркой (рис. 222, *а*) или с прижимом шкурки к заготовке (рис. 222, *б*). Не допускается прижим шкурки к заготовке (детали) вручную.

При внутреннем полировании шкурку наматывают на деревянную оправку, закрепив конец шкурки в прорези оправки. Не допускается полирование отверстия с прижимом шкурки рукой или пальцем.

Окружная скорость при полировании шкуркой 60—70 м/мин. При полировании для предохранения от попадания абразивной пыли отверстие в патроне закрывают заглушкой из пенопласта, а направляющие станины прикрывают брезентовой тканью.

221 ПОЛИРОВАНИЕ НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОМОЩИ ЖИМКА



§ 70. Поверхностное пластическое деформирование

Одной из отделочных операций, выполняемых на токарном станке, является пластическое деформирование (гладкое накатывание) наружных и внутренних поверхностей. Сущность процесса состоит в смятии, сглаживании микронеровностей под давлением накатника, что уменьшает шероховатость поверхностей до 9-го класса. Накатанная поверхность приобретает наклеп — повышается ее твердость и износоустойчивость.

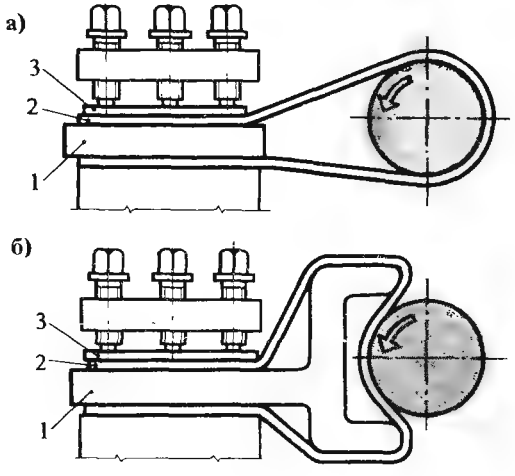
Пластическому деформированию подвергают поверхности деталей, подлежащих запрессовке (цапфы валов), работающих на истирание (плунжеры), испытывающих переменную нагрузку (шейки коленчатых валов) и др.

Припуски на накатывание обычно не оставляют, так как процесс пластического деформирования незначительно влияет на размер (сминаются микронеровности в пределах допуска на заданный класс шероховатости).

Для наружного накатывания используют роликовый накатник. Ролик изготовляют из закаленной стали, рабочая поверхность его имеет малую шероховатость (12-э класс).

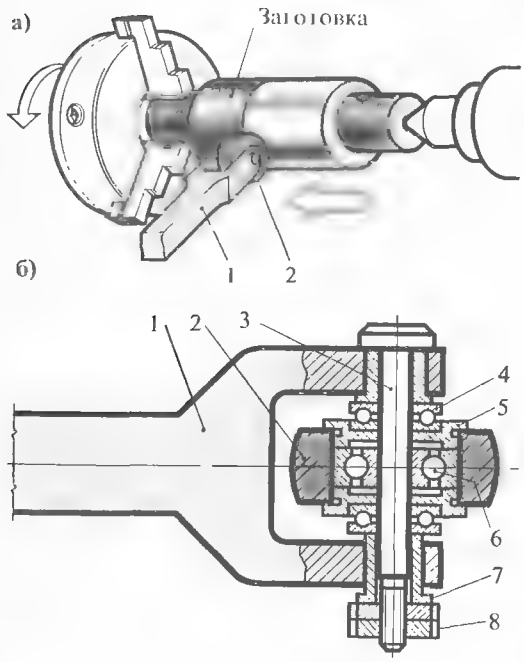
222 ПОЛИРОВАНИЕ АБРАЗИВНОЙ ШКУРКОЙ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ:

а — шкурка охватывает заготовку; б — шкурка прижимается к заготовке; 1 — державка; 2 — шкурка; 3 — планка



223 НАКАТЫВАНИЕ НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ РОЛИКОМ:

а — процесс накатывания, б — роликовый накатник; 1 — державка, 2 — ролик, 3 — ось, 4 — упорный подшипник, 5 — фланец, 6 — шарикоподшипник, 7 — втулка, 8 — гайка

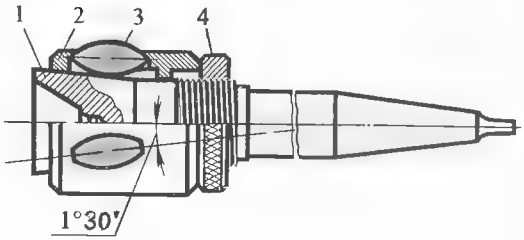


На рис. 223, *а* показана схема накатывания роликом. Ролик крепится в державке на шарикоподшипниках (рис. 223, *б*) и поджимается к детали винтом поперечных салазок суппорта станка. Одновременно производится автоматическая подача (два-три прохода ролика). Детали смазываются маслом (индустриальное 20; смесь из 50% индустриального масла и 50% керосина; сурепное масло). Продольная подача при накатывании составляет 0,05—0,1 мм/об, окружная скорость — 20—30 м/мин.

Пластическое деформирование внутренних поверхностей (раскатывание) выполняют раскатником-вальцовкой. Ролики вальцовки расположены в прорезях обоймы под небольшим углом (1°30′) к оси оправки, поэтому во время работы вальцовка как бы ввинчивается в раскатываемое отверстие (рис. 224).

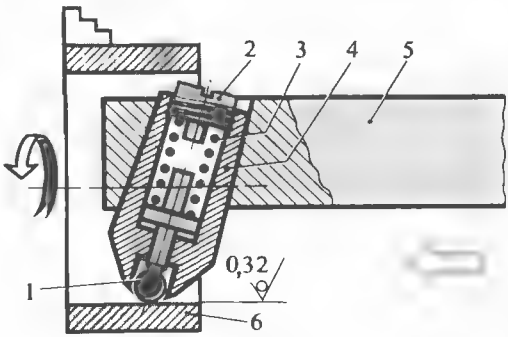
224 РОЛИКОВЫЙ РАСКАТНИК:

1 — корпус, 2 — обойма, 3 — ролик, 4 — регулировочная гайка



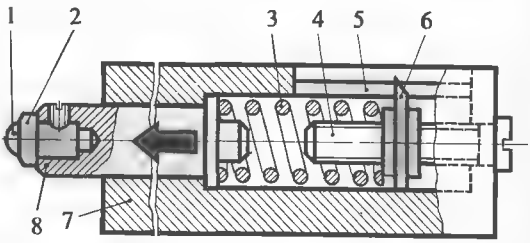
225 РАСКАТЫВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ШАРИКОМ:

1 — шарик, 2 — винт, 3 — пружина, 4 — держатель шарика, 5 — державка, 6 — заготовка (деталь)



226 АЛМАЗНЫЙ ВЫГЛАЖИВАТЕЛЬ:

1 — алмаз, 2 — наконечник, 3 — пружина, 4 — регулировочный винт, 5 — шкала, 6 — стрелка, 7 — державка, 8 — скалка



Для каждого раскатываемого диаметра применяется самостоятельная вальцовка.

Для раскатывания отверстий большого диаметра применяют шариковые раскатники (по типу накатников для наружных поверхностей), которые крепят в борштанге, зажимаемой в резцедержателе (рис. 225). Инструмент к детали прижимается поперечным суппортом.

Одна из разновидностей пластического деформирования поверхности на токарном станке — алмазное выглаживание (рис. 226). Инструментом является тщательно отполированный алмаз *1*, вклеенный в наконечник *2*. Алмаз прижимается к обрабатываемой поверхности вращающейся детали и снимает микронеровности. Державка *7* (см. рис. 226) крепится в резцедержателе станка. Усилие прижима регулируется винтом *4* путем поджима или ослабления пружины *3*. При помощи шкалы *5* и стрелки *6* контролируют усилие прижима.

Алмазное выглаживание обеспечивает шероховатость поверхности двенадцатого класса и выше при обработке черных и цветных металлов и сплавов. Режимы алмазного выглаживания: окружная скорость 40—200 м/мин, подача 0,02—0,1 мм/об, усилие прижима 5—20 кгс (50—200 Н).

§ 71. Накатывание рифлений

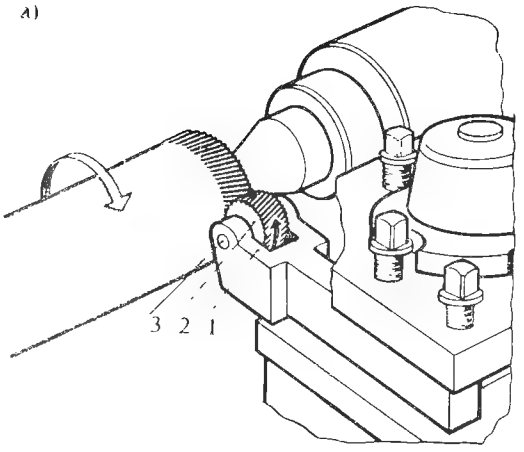
Некоторые детали (рукоятки, головки винтов, ручки калибров и т. д.) имеют наружную рифленую поверхность с различным узором: линейчатым (прямым или косым), елочным, сетчатым, точечным и др. Рифление получают накатыванием поверхности закаленными роликами с соответствующим узором (рис. 227, *а*).

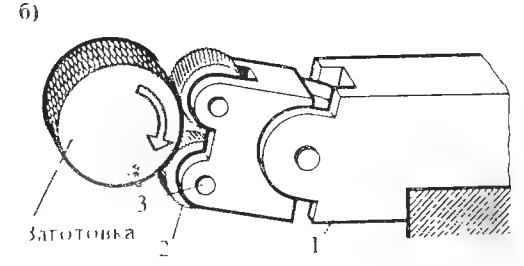
В державку закрепляют один накатной ролик или два (для накатывания сетчатых рифлений). При накатывании сетчатых рифлений обойма с роликами свободно крепится в державке и самоустанавливается по накатываемой поверхности (рис. 227, *б*). Ролики должны располагаться строго параллельно к накатываемой поверхности.

Накатывание осуществляют за несколько проходов. Нежесткие детали могут отжиматься под действием большого радиального усилия, поэтому накатывание их выполняют за несколько проходов (от 3 до 10 в зависимости от шага рифлений). Накатывание ведут с подачей в обе стороны. Поперечную подачу роликов (вдавливание в поверхность) осуществляют в конце

227 НАКАТЫВАНИЕ РИФЛЕНИЙ:

а — процесс накатывания, б — двухроликовая державка: 1 — державка, 2 — ролик, 3 — ось ролика





каждого прохода без выхода роликов за пределы детали. Режим обработки: подача 1—2 мм/об, окружная скорость 10—20 м/мин по стали, 30—40 м/мин по чугуну, 70—80 м/мин по алюминию; смазка индустриальным маслом.

Размер заготовки под накатывание рифлений принимают с учетом выдавливания металла роликами (диаметр накатываемой поверхности менее номинального диаметра примерно на 0,6 шага узора накатки).

Накатные ролики периодически прочищают стальной щеткой, удаляя из канавок металлическую пыль.

Виды, причины и меры предупреждения брака при накатывании рифлений приведены в табл. 15.

Таблица 15

Брак при накатывании рифлений и меры его предупреждения

Виды брака	Причины	Меры предупреждения
Мелкие рифления со срезанными вершинами	Износ накатных роликов Канавки ролика загрязнены	Заменить накатные ролики Прочистить стальной щеткой и протереть ролики
Мелкие рифления, но с полным профилем	Процесс накатывания не окончен	Сделать дополнительно несколько проходов
Глубокие рифления, вершины неровные, заваленные	Сделано лишнее число проходов	По первой заготовке (детали) откорректировать число проходов и общую глубину вдавливания установить по лимбу
Нечеткие, прерывистые рифления	Плохо подготовлена поверхность под накатывание Неправильно выбраны режимы накатывания	Обеспечить необходимую шероховатость поверхности под накатывание По первой заготовке (детали) откорректировать режимы накатывания
Искажена сетка рифлений (при сеточном узоре)	Неодинаков шаг или угол наклона рифлений у пары роликов Заклинивается шарнир обоймы	Подобрать пару роликов с одинаковыми по шагу и углу наклона рифлениями Проверить и смазать шарнир обоймы. При чрезмерном износе отремонтировать палец
Большая шероховатость рифленой поверхности	Значительная шероховатость поверхности рифлений роликов Износ роликов Неправильно выбраны режимы обработки и смазка	Заменить ролики То же По первым заготовкам (деталям) откорректировать режим обработки и выбор смазки

Контрольные вопросы

1. **Какими способами осуществляют притирку и полирование на токарном станке?**
2. **В чем заключается сущность поверхностного пластического деформирования и какие инструменты применяют для его выполнения?**
3. **Как накатывают рифления?**
4. **Назовите основные виды, причины и меры предупреждения брака при накатывании рифлений.**

Глава XIV. Нарезание резьбы резцами

§ 72. Резьбовые резцы

Резьбы с высокими требованиями к соосности с другими поверхностями выполняют резьбовыми резцами на токарном станке, настроенном на подачу, соответствующую шагу нарезаемой резьбы.

Различают резьбовые резцы быстрорежущие и твердосплавные для нарезания наружных и внутренних резьб (рис. 228, *а*, *б*). Профиль резьбового резца соответствует профилю нарезаемой резьбы: для метрической резьбы угол профиля $\varepsilon = 60°$, для дюймовой $\varepsilon = 55°$. В процессе нарезания резцом возможна некоторая «разбивка» профиля резьбы. Поэтому фактически профиль резца занижается: для резцов из быстрорежущей стали на 10—20′, для твердосплавных резцов на 20—30′.

Передний угол γ для чистовых резьбовых резцов принимается равным 0°, для черновых $\gamma = 5 \div 10°$. Задний угол на боковых кромках α_1 и α_2 принимается 3—5°, что автоматически образует задний угол при вершине резца $\alpha = 12 \div 15°$.

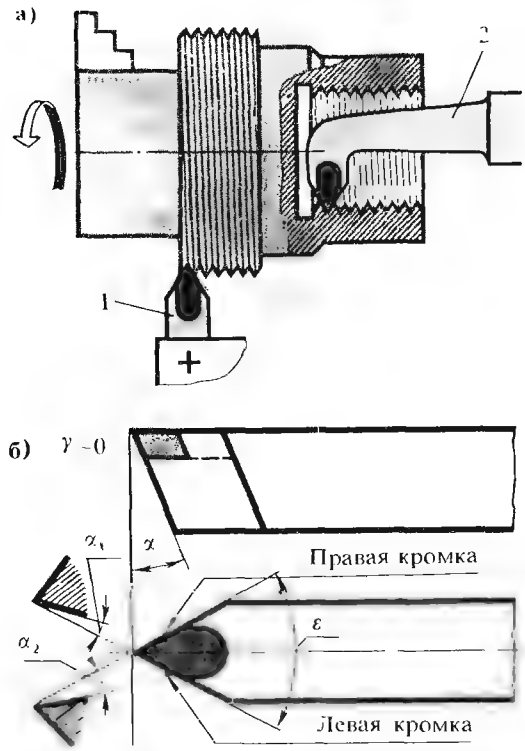
Заточку резьбовых резцов контролируют специальным шаблоном. Чтобы при нарезании резьбы большого шага задние поверхности головки резца не терлись о стенки резьбовых канавок, применяют два способа:

первый — задний угол боковой кромки с той стороны, куда направлена подача суппорта при нарезании, делают большим, чем угол наклона резьбы. Для правой резьбы $\alpha_{зат.лев} = \mu + \alpha$, а для левой резьбы $\alpha_{зат.прав} = \mu + \alpha$, где μ — угол подъема резьбы (рис. 229, *а*). Заточенный таким образом резец имеет отрицательный передний угол ($-\gamma_2$) у правой кромки (для правой резьбы), что нежелательно, так как увеличивает шероховатость резьбы. Чтобы избежать указанный недостаток, на передней поверхности резца вдоль правой режущей кромки (для правой резьбы) или вдоль левой режущей кромки (для левой резьбы) затачивают канавку, облегчающую сход стружки (рис. 229, *б*);

второй — резец затачивают с одинаковыми задними углами $\alpha_1 = \alpha_2$ на правой и левой кром-

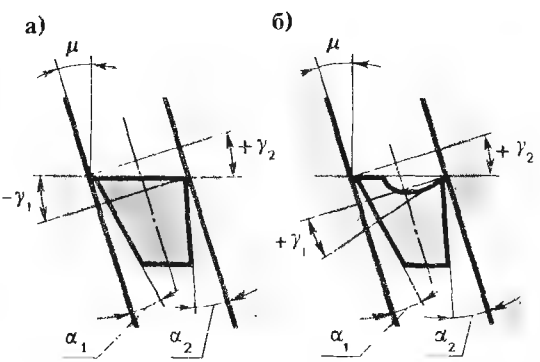
228 РЕЗЬБОВЫЕ РЕЗЦЫ:

а — резцы в работе; б — геометрия твердосплавного резьбового резца; резцы: 1 — наружный; 2 — внутренний



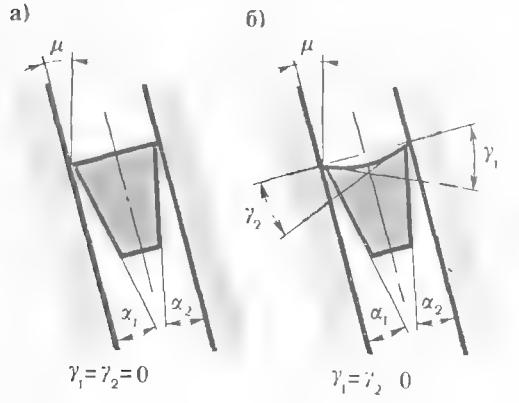
229 СХЕМА УСТАНОВКИ РЕЗЬБОВОГО РЕЗЦА БЕЗ ПОВОРОТА

а — резец без подточки; б — резец с подточкой по передней поверхности



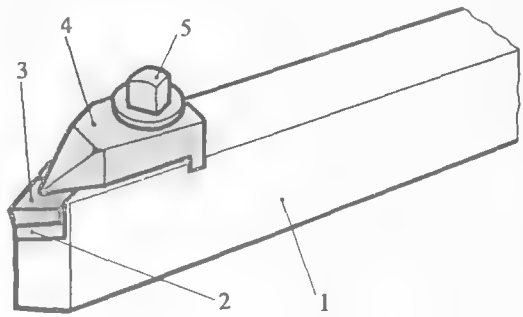
230 РЕЗЬБОВОЙ РЕЗЕЦ, УСТАНОВЛЕННЫЙ С ПОВОРОТОМ:

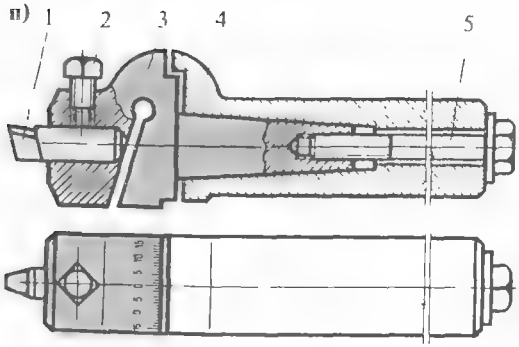
а — резец без подточки; б — резец с подточкой по передней поверхности; в — державка с поворотной головкой; г — державка резьбового резца: 1 — резец, 2 — винт, 3 — поворотная головка, 4 — корпус, 5 — винт



231 РЕЗЬБОВОЙ РЕЗЕЦ ВНИИ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ РОМБИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНКИ:

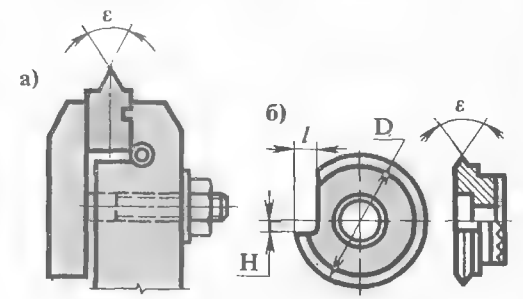
1 — державка, 2 — опорная пластинка, 3 — режущая пластинка, 4 — прижимная пластинка (прихват), 5 — винт





232 РЕЗЬБОВЫЕ РЕЗЦЫ, ЗАТАЧИВАЕМЫЕ ПО ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ:

призматический; б — дисковый



ках, но при установке его поворачивают на угол подъема витков *и* (рис. 229, *б*). Для этой цели применяют державку с поворотной головкой и делениями (рис. 230, *а—в*).

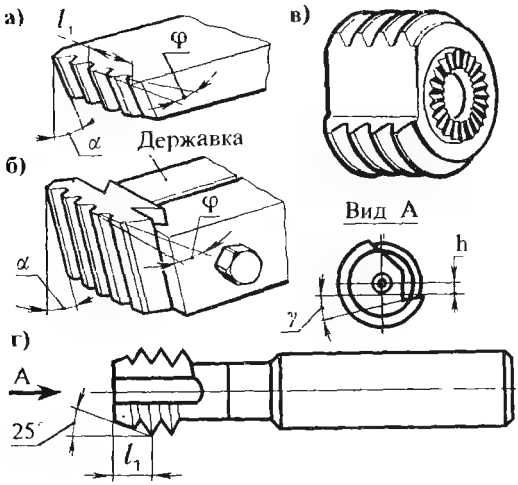
Резьбовой резец ВНИИ с механическим креплением ромбической твердосплавной пластинки показан на рис. 231. Пластинка *3* удерживается прихватом *4* в углублении, которое создается в державке.

Для уменьшения числа переточек и упрощения переточки, а также сокращения времени на замену резца широко применяют призматические и дисковые резьбовые резцы (232, *а*, *б*), перетачиваемые только по передней поверхности.

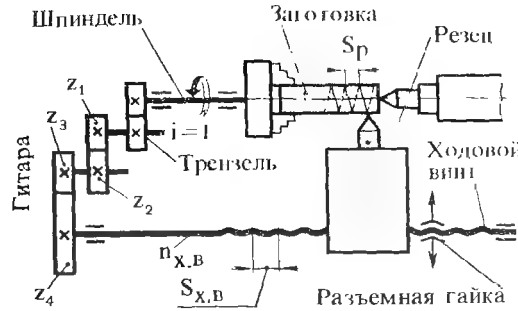
Для нарезания резьб в сквозных отверстиях (со свободным выходом резца) часто применяют резьбовые гребенки, по профилю напоминающие метчик, т. е. имеющие заборную (с постоянно возрастающей высотой элементарных резьбовых резцов) и калибрующую части. Таким инструментом резьбу нарезают на полную высоту профиля за один проход. Гребенки делятся на стержневые (рис. 233, *а*), призматические (рис. 233, *б*) и круглые (рис. 233, *в*, *г*).

233 РЕЗЬБОВЫЕ ГРЕБЕНКИ:

а — стержневая; б — призматическая; в — круглая для наружных резьб; г — круглая для внутренних резьб; l_1 — заборная часть гребенки



234 СХЕМА НАСТРОЙКИ токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом



§ 73. Настройка токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом

Для нарезания резьбы на токарном станке нужно кинематически связать шпиндель и ходовой винт (рис. 234) таким образом, чтобы за один оборот заготовки (детали) перемещение резца равнялось шагу резьбы S (или ходу H — для многозаходной резьбы). Подача суппорта при этом осуществляется от винтового механизма (ходовой винт — разъемная гайка). За один оборот ходового винта суппорт переместится на шаг винта $S_{х.в}$. Резьбу заданного шага $S_р$ получают при условии $S_р = S_{х.в}\, n_{х.в}$, где $n_{х.в}$ — частота вращения ходового винта; $S_{х.в}$ — шаг ходового винта; $S_р$ — шаг нарезаемой резьбы (мм). $n_{х.в}$ зависит от частоты вращения шпинделя и передаточного отношения передачи от шпинделя к ходовому винту: $n_{х.в} = n_{шп} i_{общ}$

или $S_р = s_{х.в}\, n_{шп}\, i_{общ}$,

где $n_{шп}$ — частота вращения шпинделя;

$i_{общ}$ — общее передаточное отношение кинематической цепи между шпинделем и ходовым винтом. В эту цепь входит механизм реверсирования (трензель), гитара сменных зубчатых колес и коробка подач

$$i_{общ} = i_{трен}\, i_{гит.\ кор.\ под}$$

Так как подача отсчитывается за один оборот шпинделя, то и расчет ведут на один оборот шпинделя, следовательно,

$$S_р = S_{х.в} \cdot 1 \cdot i_{общ}$$

или

$$i_{общ.} = \frac{S_р}{S_{х.в}}$$

Эта формула является основной для настройки станка на нарезание резьбы.

Современные токарные станки позволяют нарезать резьбы с любым шагом, для чего настройку осуществляют соответствующим переключением рукояток управления. Положение рукояток управления при настройке станка на нарезание резьбы нужного шага устанавливается по таблицам, прикрепленным к станку.

Для нарезания нестандартной резьбы, когда настроить станок перемещением рукояток управления невозможно (и для нарезания особо точной резьбы), коробку подач настраивают «напрямую» (механизмы коробки подач отключаются), а нужное передаточное отношение ($i_{общ}$) создается зубчатыми колесами, устанавливаемыми на гитаре. С этой целью к станку прилагается набор сменных зубчатых колес с числами зубьев 20, 25, 30, 35 и т. д. до 120 и специальное колесо с числом зубьев 127. Из этого набора подбирают такие колеса, передаточное отношение которых равнялось бы передаточному отношению, рассчитанному по приведенной выше формуле $i_{общ}$ для данной резьбы.

Возможны случаи настройки гитары одной парой зубчатых колес (с промежуточным колесом) (рис. 235, а)

$$i_{гит} = \frac{S_р}{S_{х.в}} = \frac{z_1 z_2}{z_2 z_3} = \frac{z_1}{z_3}$$

или двумя парами (рис. 235, *б*):

$$i_{гит} = \frac{S_р}{S_{х.в}} = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4}.$$

Во втором случае при подборе зубчатых колес нужно обеспечить соблюдение условий сцепляемости, т. е. подобрать их так, чтобы зубчатое колесо z_2 не задевало вал *II*, а зубчатое колесо z_1 не задевало вал *I*. Для этого зубчатые колеса, составляющие передаточные отношения, должны удовлетворять следующим условиям сцепляемости:

$$z_1 + z_2 \geqslant z_3 + 15 \text{ зубьев},$$

$$z_3 + z_4 \geqslant z_2 + 15 \text{ зубьев}.$$

Ниже приведены примеры подбора сменных зубчатых колес для настройки станка на нарезание резьбы без участия коробки подач.

Пример 1. Станок 1К62 имеет ходовой винт с шагом $S_{х.в.} = 12$ мм. Шаг нарезаемой резьбы $S_р = 1{,}25$ мм.

$$i_{гит} = \frac{S_р}{S_{х.в}} = \frac{1{,}25}{12} = \frac{125}{1200}.$$

Чтобы получить в числителе и знаменателе дроби числа, соответствующие числам зубьев сменных зубчатых колес набора, раскладываем числитель и знаменатель дроби на два множителя.

$$i_{гит} = \frac{S_р}{S_{х.в}} = \frac{125}{1200} = \frac{25 \cdot 5}{120 \cdot 10}.$$

Зубчатые колеса с числом зубьев 25 и 120 (первая дробь $\frac{25}{120}$) в наборе сменных зубчатых колес имеются. Умножаем числитель и знаменатель второй дроби ($\frac{5}{10}$) на любое число, которое обеспечит получение чисел, соответствующих числу зубьев колес набора: пусть это будет 6, тогда

$$i_{гит} = \frac{S_р}{S_{х.в}} = \frac{25}{120} \cdot \frac{5 \cdot 6}{10 \cdot 6} = \frac{25}{120} \cdot \frac{30}{60}.$$

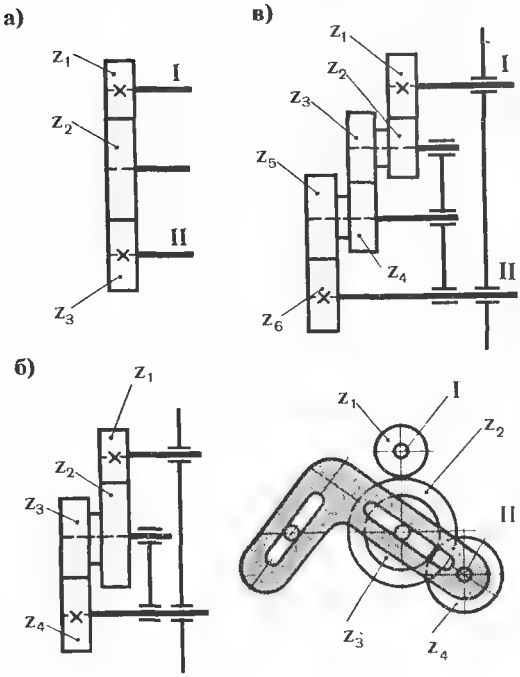
Проверяем сцепляемость:

$$25 + 120 > 30 \text{ на } 115 \text{ зубьев}.$$

$$30 + 60 < 120.$$

235 ГИТАРА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА:

а – настройка в одну пару зубчатых колес, б – настройка в две пары, в – настройка в три пары



Условие сцепляемости не обеспечено. Обеспечить сцепляемость можно, умножив числитель и знаменатель второй дроби на большее число, например на 10, но можно попробовать поменять знаменатели обеих дробей местами, так как это не изменит передаточного отношения, т. е.

$$i_{гит} = \frac{S_р}{S_{х.в}} = \frac{25 \cdot 30}{60 \cdot 120}.$$

В этом случае $25 + 60 > 30$ на 55 зубьев;
$30 + 120 > 60$ на 90 зубьев.
Следовательно, условие сцепляемости обеспечено.

Пример 2. На этом же станке нужно нарезать дюймовую резьбу 11 ниток на один дюйм, т. е.

$$S_р = \frac{25{,}4}{11} \text{ мм};$$

$$i_{гит} = \frac{S_р}{S_{х.в}} = \frac{25{,}4}{11 \cdot 12} = \frac{254}{110 \cdot 12}$$

Раскладываем числитель (254) на два множителя: 127 (имеется в наборе сменных зубчатых колес) и 2. Тогда отношение будет выглядеть так:

$$i_{гит} = \frac{127 \cdot 2}{110 \cdot 12}$$

Умножим числитель и знаменатель второй дроби на 10 получим

$$i_{гит} = \frac{S_р}{S_{х.в}} = \frac{127}{110} \cdot \frac{2 \cdot 10}{12 \cdot 10} = \frac{127}{110} \cdot \frac{20}{120}.$$

Проверяем сцепляемость:

$$127 + 110 > 20 \text{ на 17 зубьев;}$$

$$20 + 120 > 110 \text{ на 30 зубьев.}$$

Условие сцепляемости обеспечено

Пример 3. На станке 16К20 требуется нарезать червяк с модулем $m = 4$, шаг резьбы червяка $S_1 = \pi m$; шаг ходового винта $S_{х.в} = 12$ мм.

Число π, равное 3,14159, с небольшой погрешностью можно выразить отношением.

$$\frac{22}{7} \approx 3{,}1428;$$

$$i_{гит} = \frac{S_р}{S_{х.в}} = \frac{\pi \cdot 4}{12} = \frac{4}{12} \cdot \frac{22}{7}.$$

Умножаем числитель и знаменатель на 10 и на 5.

$$i_{гит} = \frac{4 \cdot 22 \cdot 10 \cdot 5}{12 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 5} = \frac{40 \cdot 110}{35 \cdot 120} \left(\text{или } \frac{40}{35} \cdot \frac{55}{60}\right).$$

Проверяем сцепляемость:

$$40 + 35 > 55 \text{ на 20 зубьев;}$$

$$50 + 60 > 35 \text{ на 80 зубьев.}$$

Условие сцепляемости обеспечено.

Возможны случаи настройки гитары в три пары колес (рис. 235, *в*).

Современные токарные станки имеют постоянные наборы зубчатых колес гитары. Например, у станка 1К62 (см. рис. 176) для нарезания метрической и дюймовой резьбы

$$i_{гит} = \frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50};$$

для нарезания модульной и питчевой резьбы (см. рис. 181):

$$i_{гит} = \frac{64}{95} \cdot \frac{95}{97}.$$

Зубчатые колеса *42—64* и *50—97* изготовлены в виде одного блока, поэтому перестройка станка с метрической резьбы на модульную заключается в повороте этих блоков.

У станка 16К20 (см. рис. 194 и 200) для нарезания метрической и дюймовой резьбы $i_{гит} = \frac{40}{86} \cdot \frac{86}{64}$, а для модульной и питчевой резьбы $i_{гит} = \frac{60}{73} \cdot \frac{86}{36}$.

§ 74. Нарезание треугольной резьбы резцами

Подготовка заготовки (детали) к нарезанию резьбы. При обтачивании заготовки под последующее нарезание резьбы учитывают, что при нарезании происходит некоторое выдавливание металла из впадин. Поэтому диаметр вала под резьбу должен быть несколько меньше наружного диаметра резьбы, а диаметр отверстия — больше внутреннего. Выбор диаметра вала и отверстия под резьбу зависит от обрабатываемого материала и шага резьбы.

Диаметры вала и отверстия при подготовке поверхности под нарезание резьбы определяют по справочникам. В конце резьбового участка протачивают канавку (проточку) для выхода резца (рис. 236, *а*). Ширина канавки должна быть не менее шага резьбы (при скоростном нарезании резьбы твердосплавными резцами — 2—3 шага). Глубина канавки должна быть больше глубины резьбы на 0,1—0,2 мм. Иногда в чертеже детали указывается не канавка в конце резьбы, а длина «сбега» (рис. 236, *б*), т. е. участка, на котором выводится резец (резьба на этом участке получается неполной).

Установка резца. Резьбовой резец устанавливают точно по центру заготовки: установка ниже центра приводит к искажению профиля, а установка выше центра — к «затиранию» резца. Для получения правильного профиля резьбы резец устанавливают по шаблону (рис. 237, *а*, *б*).

Шаблон прикладывают к заготовке (детали) на уровне ее оси, и резец вводят в профильный вырез. Правильное положение режущих кро-

мок резца проверяют на «просвет», затем резец закрепляют и убирают шаблон.

Нарезание резьбы резцом. Резьбу нарезают за несколько рабочих ходов; после каждого рабочего хода резец выводят из канавки, суппорт возвращают в исходное положение и вновь начинают рабочий ход. Число рабочих ходов и глубина врезания для каждого рабочего хода зависят от шага нарезаемой резьбы и материала резьбового резца. Например, для резьбы шага 2—3 мм (9—7 ниток на 1″) при нарезании резцом Р6М5 рекомендуется пять-шесть черновых и три чистовых рабочих ходов, при нарезании твердосплавным резцом — три черновых и два чистовых рабочих ходов. Число рабочих ходов определяют по справочнику.

При нарезании длинных резьб целесообразно возвращать суппорт в исходное положение вручную или автоматической подачей (ускоренным перемещением каретки) при разомкнутой разъемной гайке. Однако при этом возникает необходимость обеспечить попадание резьбового резца в нитку резьбы после каждого рабочего хода.

Если шаг ходового винта делится без остатка на шаг нарезаемой резьбы (резьба «четная»), то резец будет попадать в нитку при включении разъемной гайки в любом положении суппорта. Если резьба «нечетная», т. е. шаг ходового винта не делится на шаг резьбы без остатка, то суппорт возвращают в исходное положение при ускоренном обратном вращении шпинделя.

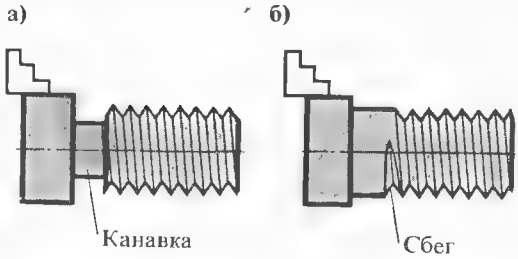
При возвращении суппорта в исходное положение обратным ходом в сопряжении винтовой пары (ходового винта и разъемной гайки) образуется люфт (зазор). Для устранения («выбирания») люфта между ходовым винтом и разъемной гайкой перед каждым новым рабочим ходом резец отводят на два-три шага за пределы резьбового участка и затем начинают выполнение нового рабочего хода.

Боковое врезание. Резьбу большого шага (2 мм и более) нарезают не с поперечным, а с боковым врезанием резца, при котором работает только одна режущая кромка. При боковом врезании облегчается процесс резания, повышается качество резьбы (рис. 238, *а*, *б*).

Для осуществления бокового врезания верхние салазки суппорта разворачивают под углом $\frac{\varepsilon}{2}$ (для метрической резьбы $\frac{\varepsilon}{2} = 30''$) относительно своего нормального положения. Врезание осуществляют рукояткой верхних салазок суппорта. Последние один-два чистовые рабочие ходы выполняют с поперечной подачей.

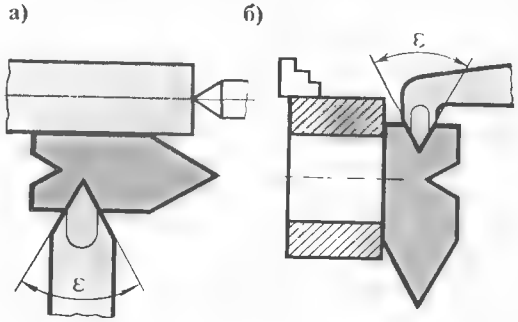
236 ОФОРМЛЕНИЕ ВЫХОДА РЕЗЬБЫ:

а — канавка (проточка), б — сбег резьбы



237 УСТАНОВКА РЕЗЬБОВОГО РЕЗЦА ПО ШАБЛОНУ:

а — при нарезании наружной резьбы, б — при нарезании внутренней резьбы



В момент врезания резбовой резец под действием осевой силы несколько отжимается, и первый виток резьбы получается более полным, чем остальные. Последний виток резьбы также получается более полным, так как резец, освобожденный от действия усилий, выпрямляется. Чтобы гайка навертывалась на винт, первый и последний витки резьбы подрезают резьбовым резцом.

Нарезание левой резьбы осуществляют при вращении ходового винта в сторону,

противоположную вращению шпинделя. Для этого переключают механизм реверсирования вращения ходового винта — трензель. При нарезании левых резьб врезание производят в зарезьбовую канавку, а суппорт с резцом перемещается слева направо (от передней бабки к задней).

Режимы резания при нарезании резьбы резцом. Глубина резания определяется числом проходов. Подача при нарезании резьбы равняется шагу резьбы, а при резании многозаходной резьбы — ходу ($H=KS$, где K — число заходов).

Скорость резания зависит от обрабатываемого материала и материала резьбового резца: при обработке стали быстрорежущими резцами она составляет 20—35 м/мин, при обработке чугуна 10—15 м/мин, при обработке твердосплавными резцами — соответственно 100—150 и 40—60 м/мин. Для чистовых проходов скорость резания увеличивают в 1,5—2 раза. Для нарезания внутренних резьб скорость резания снижают на 20—30%.

§ 75. Нарезание резьбы для передачи движения

К резьбам, служащим для передачи движения, относятся трапецеидальная, упорная, прямоугольная, модульная и питчевая. Трапецеидальная резьба имеет профиль в виде равнобедренной трапеции с углом между сторонами 30°.

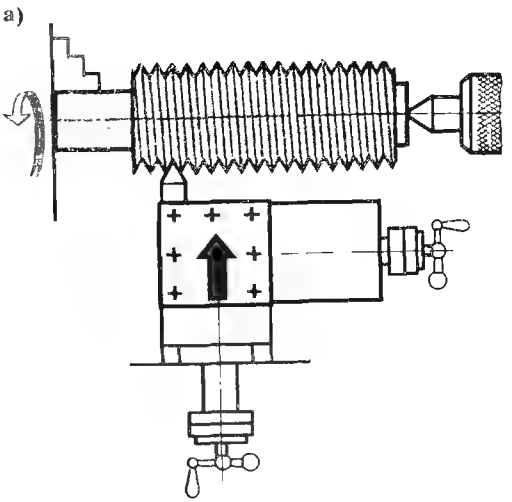
Упорная резьба имеет профиль в виде неравнобедренной трапеции с наклоном сторон 30° и 3°. Усилие воспринимается одной стороной (с наклоном 3°).

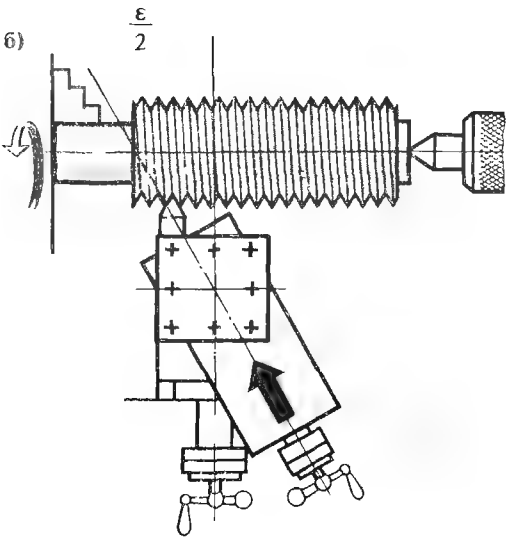
Прямоугольная (ленточная) резьба имеет профиль в виде прямоугольника. Глубина канавки принимается равной половине шага. Прямоугольные резьбы не стандартизованы и в промышленности применяются редко (заменяются трапецеидальными).

Модульная резьба имеет профиль в виде равнобокой трапеции с углом 40°, применяется на червяках, сопрягаемых с червячными колесами. Шаг резьбы — кратный стандартному модулю $S_p=\pi m$. Питчевая резьба также применяется для червяков, шаг ее измеряется в дюймах. Шаг этой резьбы $S_p=\pi\frac{25,4}{P}$, где P — заданный питч.

238 СХЕМЫ ВРЕЗАНИЯ ПРИ НАРЕЗАНИИ РЕЗЬБЫ РЕЗЦОМ:

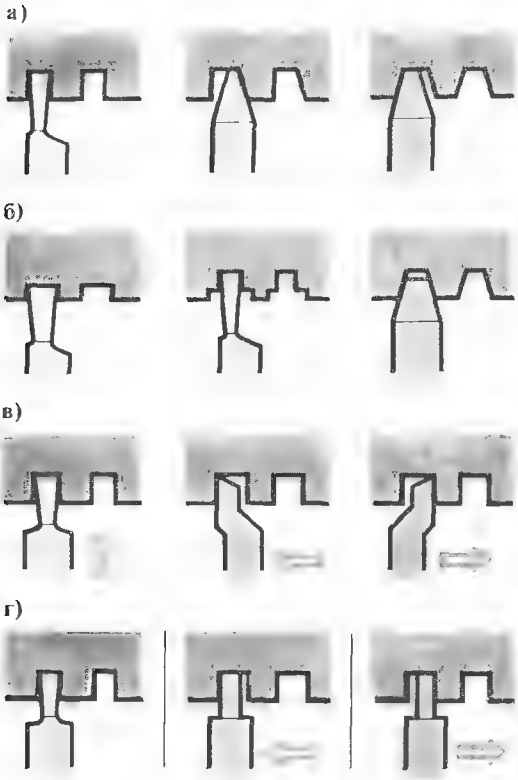
а — поперечное; б — боковое с разворотом верхнего суппорта под углом $\frac{\varepsilon}{2}$





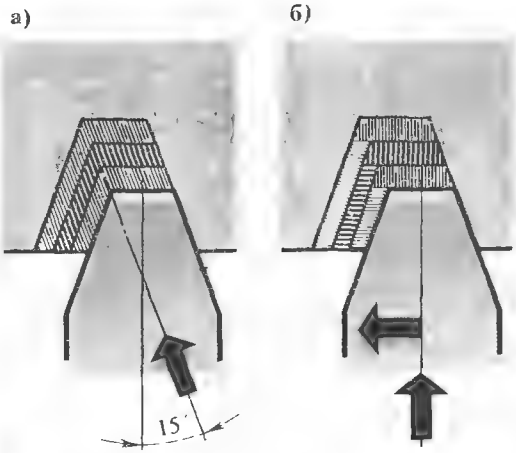
239 НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДВИЖЕНИЯ:

а — трапецеидальной двумя резцами, б — трапецеидальной тремя резцами, в — прямоугольной тремя резцами, г — прямоугольной двумя резцами



240 СХЕМЫ ВРЕЗАНИЯ РЕЗЦА ПРИ НАРЕЗАНИИ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОЙ РЕЗЬБЫ:

а — боковое врезание, б — комбинированное врезание



Способы нарезания резьб для передачи движения. Трапецеидальные, упорные и прямоугольные резьбы шага до 3 мм нарезают соответственно заточенными резцами за несколько проходов так же, как и треугольные резьбы.

Трапецеидальные резьбы большого шага прорезаются предварительно прорезным резцом прямоугольного профиля, а затем окончательно чистовым резцом трапецеидального профиля (рис. 239, *а*). Врезание ведут под углом $\frac{\varepsilon}{2}$ или сочетанием поперечного и бокового (комбинированное) врезания (рис. 240, *б*).

Трапецеидальные резьбы шага не более 8 мм целесообразно нарезать предварительно широким прорезным резцом на глубину 0,25 *t*, затем узким прорезным резцом на полную глубину профиля и окончательно — чистовым резцом трапецеидального профиля (см. рис. 239, *б*).

Крупные прямоугольные резьбы прорезают узким прорезным резцом (рис. 239, *в*), затем правую и левую стороны витков обрабатывают начисто раздельно. На рис. 239, *г* показано нарезание прямоугольной резьбы двумя прорезными резцами: черновым и чистовым.

Внутренние трапецеидальные и ленточные резьбы нарезают резцами соответствующего профиля — цельными или закрепляемыми в оправках. Если изготовляют винтовую пару (винт и гайку) в условиях единичного производства, то резьбу винта контролируют гайкой (проверка на свинчиваемость). В крупносерийном и массовом производствах трапецеидальную резьбу контролируют калибрами.

Шаг и профиль прямоугольных, трапецеидальных, упорных и модульных резьб контролируют шаблонами. Более точный контроль (в лабораторных условиях) осуществляют при помощи инструментальных и универсальных микроскопов.

§ 76. Нарезание многозаходной резьбы

Чтобы нарезать многозаходную резьбу, станок настраивают не на шаг резьбы, а на ход, т. е. за один оборот детали резец должен проходить путь, равный ходу $H = KS$, где K – число заходов резьбы. Например, для нарезания резьбы М20 × (2 × 3), т. е. трехзаходной с шагом 2 мм, рукоятками коробки подач настраивают станок на шаг 2 × 3 = 6 мм.

После прорезания первой канавки производят деление, т. е. повертывают заготовку на угол 360 : K, где K — число заходов резьбы. Для этого размыкают связь между заготовкой и шпинделем станка.

Станок 1К62 имеет специальное делительное устройство — диск, разделенный на 60 частей и сидящий на шпинделе станка под кожухом (над гитарой). Для деления цепь подач отсоединяется от цепи вращения шпинделя.

Делительное устройство станка 16К20 расположено на переднем конце шпинделя (рис. 241) и состоит из делительного диска *4*, имеющего 60 делений, и фланца *2* со стрелкой. Порядок деления следующий:

рукоятки *8* и *16* (см. рис. 201) установить в среднее положение;

рукояткой *24* включить разъемную гайку ходового винта;

рукоятками *1* и *2* по таблице, помещенной на шпиндельной бабке, установить требуемую частоту вращения шпинделя, а рукоятками *5* и *7* — требуемое значение шага нарезаемой резьбы;

поворачивая вручную фланец *2* (рис. 241), совместить нанесенную на него стрелку с одной из рисок делительного диска *4* шпинделя;

отсоединить шпиндель от кинематической цепи подач; рукоятку *3* (см. рис. 201) поставить в среднее положение;

проворачивая вручную шпиндель, произвести деление, контролируя угол поворота стрелкой на фланце *2* (см. рис. 241);

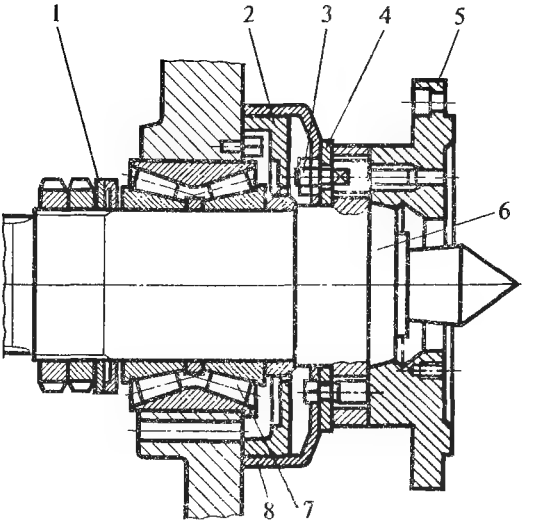
рукоятку *3* (см. рис. 201) установить в исходное положение;

нарезать нитку резьбы, повторить все операции.

Если станок не имеет специального делительного устройства, применяют делительный патрон (рис. 242). В корпусе патрона, закрепленном в шпинделе, имеются отверстия, соответствующие угловому повороту диска с поводком на 30, 45, 60, 90, 120, 180 , т. е. для наиболее

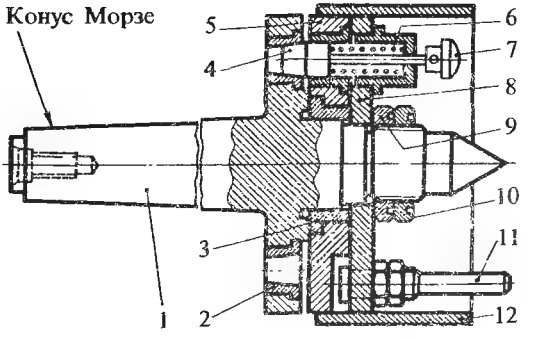
241 ДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО СТАНКА 16К20:

1 — регулировочные кольца, 2 — фланец, 3 — винт, 4 — делительный диск, 5 — планшайба, 6 — шпиндель, 7 — роликоподшипники, 8 — кожух

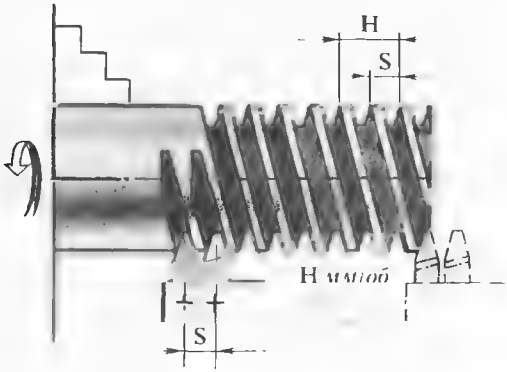


242 ДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ПОВОДКОВЫЙ ПАТРОН:

1 — корпус с коническим хвостовиком, 2 — втулка фиксатора, 3 — втулка поворотной планшайбы, 4 — фиксатор, 5 — поворотная планшайба, 6 — пружина фиксатора, 7 — рукоятка фиксатора, 8 — поводок, 9 — гайка, 10 — контргайка, 11 — ходовый палец, 12 — защитный кожух



243 СХЕМА НАРЕЗАНИЯ ДВУХЗАХОДНОЙ РЕЗЬБЫ ДВУМЯ РЕЗЦАМИ



часто встречающихся случаев деления на 12, 8, 6, 4, 3, 2 захода. Положение диска с поводком фиксируется фиксатором *4*, заскакивающим под действием пружины *6* в соответствующее отверстие втулки *2*.

Возможно также нарезание многозаходных (обычно двухзаходных) резьб одновременно двумя резцами, расстояние между которыми равно шагу резьбы S_p. Настройку станка производить на ход $H = KS$ (рис. 243).

При изготовлении деталей с многозаходной резьбой можно выполнять деление также способом перемещения резца смещением верхних салазок суппорта на шаг после каждого прохода. Смещение контролируют лимбом верхних салазок или, более точно, индикатором (рис. 244), либо мерными плитками.

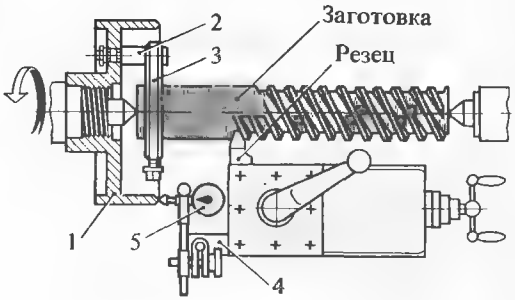
Чтобы канавки всех заходов были на одной глубине и толщина всех витков была одинакова, вначале прорезают все заходы начерно, а затем, выставив резец на окончательный размер, снова производят деление и все заходы обрабатывают начисто.

§ 77. Скоростное нарезание резьбы

Скоростное нарезание резьбы твердосплавными резцами резко повышает производительность и улучшает качество обработки. Трудность скоростного нарезания заключается в опасности врезания резца в заготовку после выхода из резьбы, так как токарь может не

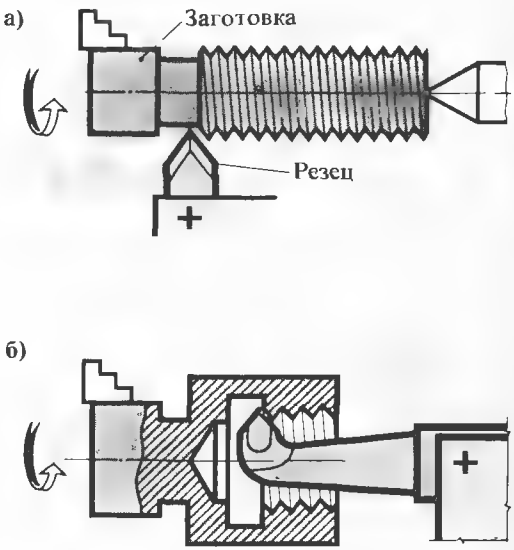
244 НАРЕЗАНИЕ МНОГОЗАХОДНОЙ РЕЗЬБЫ С ДЕЛЕНИЕМ СПОСОБОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РЕЗЦА (СМЕЩЕНИЕМ ВЕРХНИХ САЛАЗОК СУППОРТА). (КОНТРОЛЬ ШАГА ПО ИНДИКАТОРУ):

1 — планшайба, 2 — палец, 3 — хомутик, 4 — держатель, 5 — индикатор



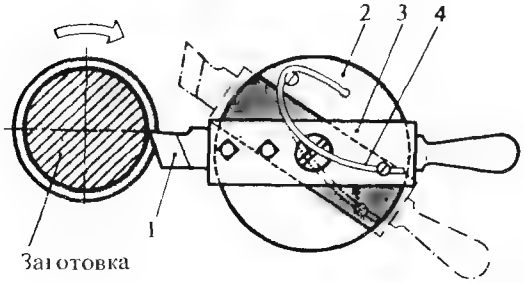
245 СКОРОСТНОЕ НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ «НА ВЫХОД»:

а — наружной, б — внутренней



246 ПРИСПОСОБЛЕНИЕ В. И. ГУРГАЛЯ ДЛЯ СКОРОСТНОГО НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ:

1 — резьбовой резец; 2 — корпус; 3 — державка; 4 — пружина



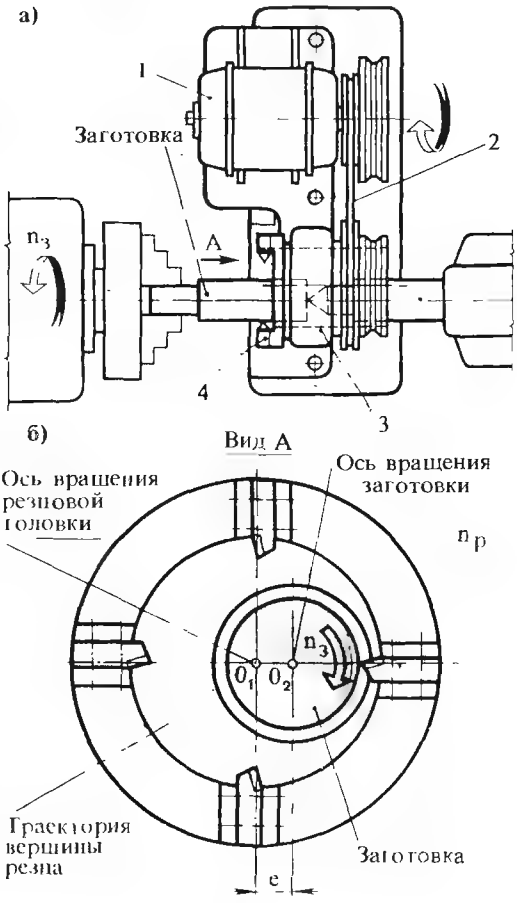
успеть одновременно вывести резец из канавки и включить реверс. Эту трудность преодолевают нарезанием резьбы «на выход»: резец вводят в канавку и нарезают резьбу при обратном вращении шпинделя; подача при этом будет для правой наружной резьбы не справа налево, а слева направо, т. е. за пределы заготовки (рис. 245, *а*). Для нарезания правой внутренней резьбы этим способом используют резьбовой резец, отогнутый вправо от стержня (рис. 245, *б*).

Для автоматического отвода резца в конце прохода при скоростном нарезании резьбы применяют приспособления. Одно из таких приспособлений с резцовой державкой, отбрасываемой под действием пружины вверх в конце прохода, когда резец входит в канавку и прекращается действие усилия резания, показано на рис. 246 (предложение токаря-новатора В. И. Гургаля).

Скоростное («вихревое») нарезание трапецеидальной резьбы. При серийном и массовом изготовлении длинных трапецеидальных винтов по 3-му классу точности применяют скоростное «вихревое» нарезание резьбы (рис. 247, *а*, *б*). На поперечных салазках суппорта станка вместо поворотной плиты и верхних салазок суппорта устанавливают шпиндельную головку *3* с пустотелым шпинделем (см. рис. 247, *а*). К шпинделю прикрепляют четырехрезцовый резцедержатель *4*, в котором находятся твердосплавные резцы нужного профиля. Шпиндель приводится во вращение через клиноременную передачу *2* электродвигателем *1*, установленным на ка-

247 ВИХРЕВОЕ СКОРОСТНОЕ НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ:

а — общий вид установки; б — траектория вершины резца: 1 — электродвигатель; 2 — клиноременная передача; 3 — шпиндельная головка; 4 — четырехрезцовый резцедержатель



ретке суппорта. Нарезаемый винт закрепляют в патроне, пропускают сквозь шпиндельную головку и поджимают задним центром.

Ось вращения головки смещена относительно оси заготовки, поэтому резцы касаются заготовки последовательно на коротких участках. Шпиндельную головку устанавливают под углом, равным углу подъема винтовой канавки. Шпиндельная головка с резцедержателем получает высокую частоту (до 2000 об/мин) вращения, а заготовка — низкую (до 20 об/мин).

Таблица 16

Виды, причины и меры предупреждения брака при нарезании резьбы резцом

Виды брака	Причины	Меры предупреждения
Неточный шаг резьбы	Неправильная настройка станка на шаг	Проверить по таблице коробки подач настройку шага, а при настройке станка со сменными зубчатыми колесами проверить расчет и подбор зубчатых колес
Неполный профиль резьбы	Неправильная установка величины врезания по лимбу	Тщательно установить величину врезания для последнего прохода (контроль до первой пробной детали)
Неправильный угол профиля резьбы	Неправильно заточен резец	Переточить резец (контроль по шаблону или угломеру)
	Резец установлен не по центру заготовки (детали)	Установить резец по центру
	«Разбивка» профиля резьбы при скоростном нарезании	Уменьшить угол профиля на 20—30′
Витки резьбы не перпендикулярны оси детали	Резец установлен не перпендикулярно оси заготовки (детали)	Проверить установку резца по шаблону
Первая нитка резьбы утолщена, проходной калибр не навинчивается	Отжим резца в момент врезания	Оставлять припуск для подрезания первого витка после нарезания резьбы
Значительная шероховатость резьбовой поверхности	Большая глубина резания на последнем проходе	Увеличить число проходов, уменьшить глубину резания последнего прохода
	Работают обе кромки резца	Заточить резец для работы одной кромкой, осуществлять врезание под углом $\varepsilon/2$
	Затупился резец	Заточить и довести резец
	Образуется нарост	Уменьшить скорость резания, применить высококачественную смазку

Одновременно включают подачу станка на шаг резьбы, как при обычном нарезании резьбы резцом. Сочетание этих трех движений обеспечивает высокопроизводительное нарезание резьбы за один проход на полную глубину резьбовой канавки. Достигается седьмой класс шероховатости резьбовой поверхности.

Вихревое нарезание применяют и для получения внутренних резьб.

При вихревом нарезании резьбы образуется вихрь мелких стружек, поэтому приспособление накрывают шитком. Виды, причины и меры предупреждения брака при нарезании резьбы *приведены в табл. 16.*

Контрольные вопросы

1. **Какую геометрию должен иметь резьбовой резец?**
2. **Для каких работ применяют резьбовые гребенки?**
3. **Выведите формулу для расчета передаточного отношения сменных зубчатых колес гитары для настройки станка «напрямую» при нарезании резьбы.**
4. **Подберите сменные зубчатые колеса гитары для нарезания резьбы шага 3 мм, 11 ниток на 1 дюйм и червяка модуль 4, если ходовой винт станка имеет шаг 12 мм.**
5. **Как нарезают трапецеидальную и прямоугольные резьбы?**
6. **Поясните принцип скоростного («вихревого») нарезания резьбы.**
7. **Перечислите основные виды брака при нарезании резьбы резцом, их причины и меры предупреждения.**

Глава XV. Обработка деталей со сложной установкой

§ 78. Обработка заготовок деталей со сложными поверхностями

Использование сложных поверхностей в качестве установочных баз. Часто при обработке заготовок в качестве установочной базы принимают коническую или фасонную поверхность, накатанную поверхность, поверхность с резьбой или шлицевую поверхность.

Коническая поверхность, как чистовая база, обеспечивает точное центрирование, быстроту и надежность крепления заготовок. Для базирования заготовки по конической поверхности применяют конические оправки (если на заготовке имеется обработанный внутренний конус), или конические втулки (если на заготовке имеется обработанный наружный конус) (рис. 248, *а*). Заготовка под действием сил резания может заклиниться на конусной оправке или в конусной втулке, поэтому для снятия ее с приспособления применяют сталкивающую гайку. Можно закрепить заготовку за коническую поверхность в расточенных сырых кулачках патрона (рис. 248, *б*). Когда коническая поверхность является черновой базой, применяют патрон со специальными качающимися рифлеными губками (рис. 248, *в*).

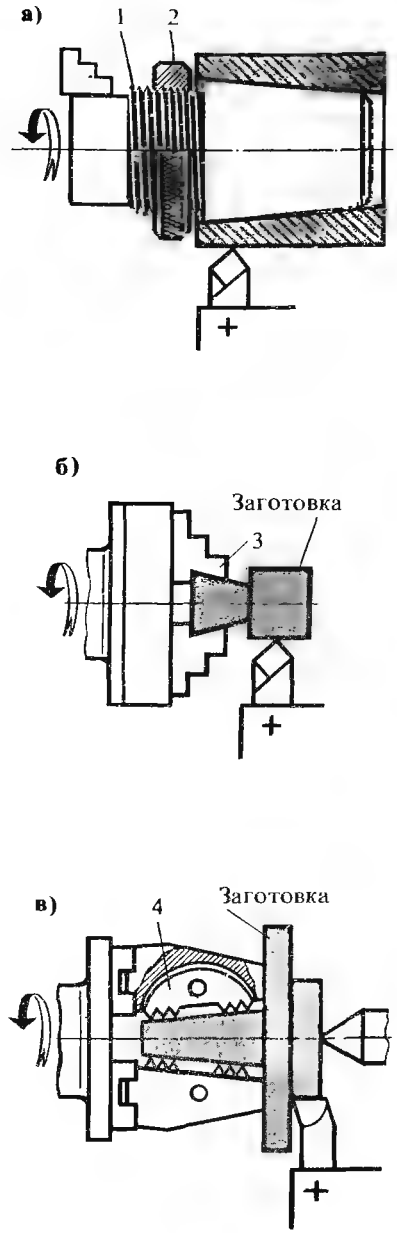
Для базирования заготовки по фасонной поверхности можно применить трехкулачковый патрон с расточенными сырыми кулачками или двухкулачковый патрон со специальными губками, соответствующими профилю базовой поверхности зажимаемой заготовки (рис. 249, *а*, *б*).

Для базирования заготовки по резьбовой поверхности применяют резьбовые оправки, причем резьбу на этих оправках следует нарезать непосредственно на том станке, на котором производится обработка данной заготовки: это обеспечивает необходимую соосность резьбовой поверхности заготовки с другими ее поверхностями.

Для точного центрирования при базировании по резьбе на заготовке должен быть цилиндри-

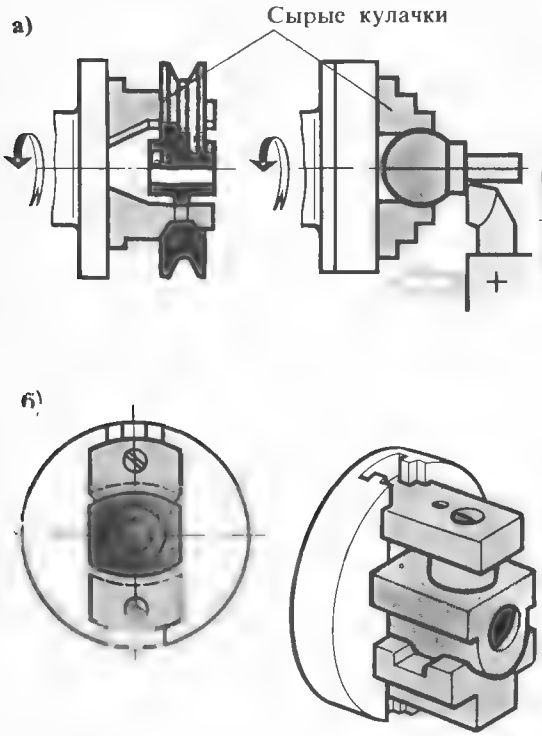
248 БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ПО КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ:

а — на оправке, б — в патроне с расточенными кулачками, в — в патроне с качающимися губками: 1 — оправка, 2 — сталкивающая гайка, 3 — расточенный кулачок, 4 — качающаяся губка



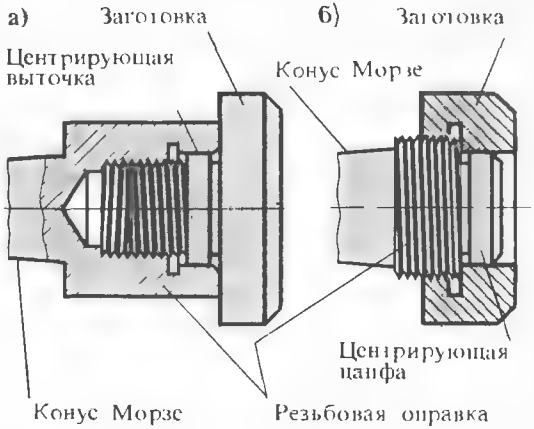
249 БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ПО ФАСОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ:

а — в трехкулачковом патроне с расточенными кулачками, б — в двухкулачковом патроне со специальными губками

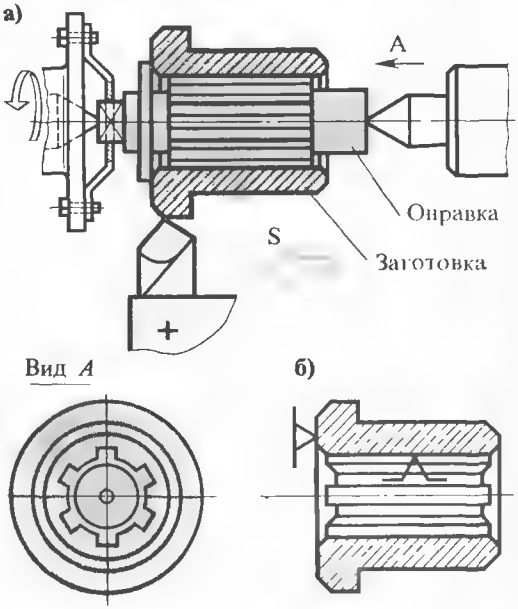


250 БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ПО РЕЗЬБОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ:

а — заготовки с наружной резьбой, б — заготовки с внутренней резьбой



251 БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВКИ ПО ШЛИЦЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ (*а*). СХЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ (*б*)



ческий поясок или выточка, а на оправке аналогичная контрповерхность (рис. 250, *а*, *б*).

Базирование заготовки по предварительно протянутому шлицевому отверстию осуществляют на шлицевой оправке с запрессовкой оправки в отверстие (рис. 251, *а*, *б*).

Если в качестве установочной базы используют накатанную поверхность, то заготовку зажимают в кулачках патрона через разрезную втулку, чтобы не сминались рифления на накатанной поверхности.

Выбор способа обработки сложной поверхности. При выборе способа обработки сложной поверхности в первую очередь исходят из принципа обеспечения наивысшей производительности обработки. Например, короткие конусы целесообразно обрабатывать при повернутых верхних салазках суппорта с применением одного из способов автоматизации подачи. Длинные пологие конусы

наиболее эффективно обрабатываются при помощи конусной линейки.

Для фасонных поверхностей выбор способа обработки (фасонным резцом, сочетанием двух подач, при помощи копирного приспособления и др.) также зависит от размеров и требований к точности детали, от величины партии деталей и от возможностей технологического оборудования.

Нарезание резьб метчиками и плашками является наиболее эффективным для резьб с шагом до 2 мм. Крепежные резьбы большего шага, а также винты с трапецеидальной резьбой целесообразно нарезать на токарном станке твердосплавными резцами. Значительный эффект по производительности и точности дает накатывание резьбы.

Коническую поверхность при повернутых верхних салазках суппорта обрабатывают резцом, который не перемещается вдоль оси заготовки, а под углом к ней, поэтому контролировать точность размеров по упору и по лимбу поперечных салазок невозможно, следует выделить обработку конической поверхности в самостоятельную операцию, чтобы эта операция не мешала обработке цилиндрических поверхностей по упору и лимбу.

Нарезание резьбы резцом требует определенной настройки станка на шаг резьбы: переключение рукояток коробки подач, в отдельных случаях перестановки шестерен гитары, переключение частоты вращения шпинделя, поэтому переход нарезания резьбы резцом не объединяют с другими переходами, а выделяют его в самостоятельную операцию.

Сказанное относится и к обработке фасонных поверхностей по копиру, нарезанию резьбы «вихревым» способом, накатыванию рифлений и другим видам обработки.

Выделение обработки сложных поверхностей в самостоятельную операцию обеспечивает повышение производительности и улучшение качества обработки.

Если не требуется специальная наладка станка, то обработка сложной поверхности может выполняться за одну операцию с обработкой цилиндрической или торцовой поверхности. Например, обработку конуса широким резцом или фасонной поверхности фасонным резцом можно осуществить за одну операцию с обработкой цилиндрических поверхностей, так как это не мешает пользоваться лимбом поперечной подачи. Сверление, зенкерование или развертывание с закреплением инструмента в пиноли задней бабки, нарезание резьбы метчиками, плашками, резьбонарезными головками или накатывание резьбы вполне можно объединять с переходами по обработке наружных цилиндрических поверхностей.

§ 79. Обработка заготовок в четырехкулачковом патроне

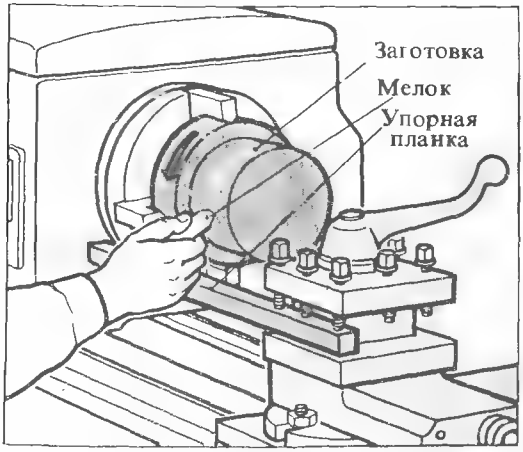
Установка в четырехкулачковом патроне обеспечивает надежное закрепление заготовки и необходимую точность выверки. Способы выверки закрепления заготовки в четырехкулачковом патроне описаны ниже.

Выверка «на мелок». При невысоких требованиях к положению заготовки в патроне выверку осуществляют «на мелок». Мелок подводят к медленно вращающейся заготовке, и по следу, оставляемому мелком на поверхности, определяют, в какую сторону сместить кулачки для ориентирования обрабатываемой поверхности по оси шпинделя (рис. 252). Кулачок, возле которого остается след мела на заготовке, подают к центру. Для этого предварительно освобождают кулачок, расположенный на противоположной стороне патрона. Если след мелка располагается между двумя кулачками, то слегка освобождают два кулачка, расположенных на противоположной стороне от следа, а затем подают кулачки, между которыми расположился след мела, к центру. Кулачки освобождают по одному, одновременно поджимая противоположный, во избежание выпадания заготовки из кулачков патрона.

Выверка по рейсмасу. Основание рейсмаса устанавливают на поперечных салазках суппорта или на специальной плите, укладываемой на направляющие станины под патроном. Конец иголки рейсмаса подводят к контролируемой поверхности с просветом до 1 мм. Провертывая шпиндель вручную, следят за изменением просвета и регулируют положение кулачков, добиваясь теми же способами, что и при выверки «на мелок», постоянной величины просвета по всей окружности заготовки (рис. 253, *а*). Торцовое биение также выверяют по рейсмасу (рис. 253, *б*), причем положение заготовки изменяют постукиванием молотком. Для выверки заготовки по ранее обработанной поверхности применяют медный молоток.

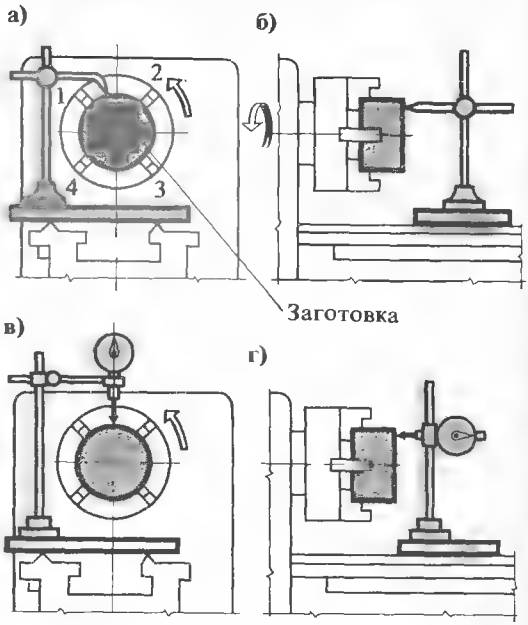
После выверки все кулачки патрона надежно закрепляют (затягивают). Окончательный зажим кулачков осуществляют в последовательности 1—3—2—4 (рис. 253, *а*).

252 ВЫВЕРКА ЗАГОТОВКИ «НА МЕЛОК» В ЧЕТЫРЕХКУЛАЧКОВОМ ПАТРОНЕ



253 ВЫВЕРКА ЗАГОТОВКИ В ЧЕТЫРЕХКУЛАЧКОВОМ ПАТРОНЕ:

а — рейсмасом по наружной поверхности, б — рейсмасом по торцу, в — индикатором по наружной поверхности, г — индикатором по торцу



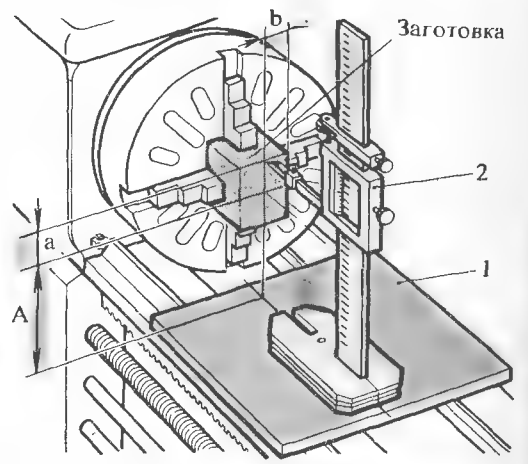
Выверка по индикатору. Стойку индикатора устанавливают на суппорте или на плите (можно также закрепить державку индикатора в пазу резцедержателя). Штифт индикатора подводят к заготовке и поворотом патрона вручную контролируют биение (рис. 253, *в*, *г*).

Выверка по штангенрейсмасу. Штангенрейсмас устанавливают на плите. Острие ножки штангенрейсмаса подводят к заготовке и производят выверку так же, как и рейсмасом. Наличие у штангенрейсмаса движка с нониусом позволяет, кроме этого, контролировать смещение кулачков и точно устанавливать их на нужном расстоянии от оси шпинделя.

При помощи штангенрейсмаса можно также контролировать параллельность граней заготовки (детали) между собой и осью шпинделя (отсутствие перекоса). Если у заготовки обрабатываются наружные или внутренние выступы, расположенные не по диаметру, то диаметр обработки контролируют штангенрейсмасом, установив острие ножки по радиусу обработки и последовательно подводя обрабатываемые участки поверхностей несимметричных выступов к измерительной поверхности ножки штангенрейсмаса (рис. 254).

254 ВЫВЕРКА ЗАГОТОВКИ В ЧЕТЫРЕХКУЛАЧКОВОМ ПАТРОНЕ ПРИ ПОМОЩИ ШТАНГЕНРЕЙСМАСА:

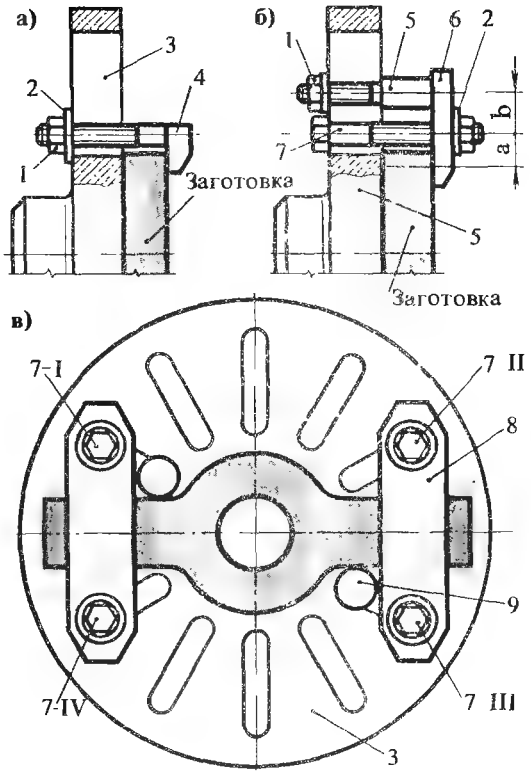
1 — плита, 2 — штангенрейсмас



§ 80. Обработка заготовок на планшайбе и на угольнике

255 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВКИ НА ПЛАНШАЙБЕ

а — «костылями», б — планками-прихватами, в — планками через заготовку: 1 — гайка, 2 — шайба, 3 — планшайба, 4 — костыль, 5 — опора, 6 — планка-прихват, 7 — винт, 8 — планка, 9 — упор



Установка на планшайбе. Заготовку сложной формы закрепляют непосредственно на планшайбе (корпусе) четырехкулачкового патрона или на специальной планшайбе — чугунном диске с Т-образными радиальными пазами. Если торец планшайбы после установки на шпиндель «бьет», то для обеспечения перпендикулярности торца планшайбы к оси шпинделя с торца снимают тонкую стружку.

Заготовку крепят к планшайбе следующими способами:

непосредственно болтами через сквозные пазы планшайбы (если в заготовке имеются отверстия);

прихватами с Г-образной головкой («костылями»). Костыли изготовляют ковкой (гнутые из пруткового материала или сварные костыли не допускаются). Зажим заготовки осуществляют затягиванием гаек с обратной стороны планшайбы (рис. 255, *а*);

планками-прихватами (рис. 255, *б*). Один конец планки-прихвата *6* опирается на головку специально завинченного болта (или на привинченную опору), а второй конец прижимает заготовку при навинчивании гайки *1* на винт *7*.

Планка-прихват работает по закону рычага, сила прижима определяется по формуле (*Н*):

$$Q = \frac{Pb}{ab},$$

т. е. чем ближе прижимной винт расположен к заготовке, тем больше сила прижима (см. рис. 255, *б*);

планками через заготовку. При соответствующей форме заготовку закрепляют на планшайбе планками, которые прижимаются двумя винтами (рис. 255, *в*).

Возможно сочетание различных способов крепления: кулачками и прихватами, кулачками и планками через заготовку, прихватами и планками и др.

Заготовку закрепляют вначале предварительным затягиванием гаек «крест-накрест» (например, *I—III—II—IV*), а затем окончательным. Чрезмерное затягивание гаек не допускается. После закрепления и обработки первой заготовки на планшайбе устанавливают упоры (см. рис. 255, *в*), соприкасающиеся в нескольких точках с поверхностью заготовки. По этим упорам фиксируется положение последующих заготовок партии, что сокращает время выверки и закрепления.

Важным условием обработки заготовки на планшайбе является уравновешивание ее противовесом, который собирается из чугунных шайб одинакового диаметра, но различных по массе, и закрепляется болтом в пазу планшайбы против неуравновешенной массы заготовки. Подбор массы противовеса проверяют балансировкой непосредственно на станке.

Балансировка производится следующим образом. После закрепления заготовки и противовеса шпиндель отключают от механизма коробки скоростей, при этом шпиндель получает свободное вращение. Затем резко провер-

тывают планшайбу вручную и следят, в каком положении и насколько быстро планшайба остановится. Если планшайба остановилась заготовкой вниз, то добавляют груз противовеса, а если нижнее положение занял противовес, то груз уменьшают. Уравновешивание достигнуто, если после провертывания планшайбы она не останавливается мгновенно, причем остановка происходит в любом положении, независимо от расположения заготовки и противовеса.

Работу на планшайбе ведут с соблюдением предосторожности, чтобы рука не попала в зону крепления заготовки. Кроме того, периодически проверяют, надежно ли закреплены планшайба, заготовка и противовес.

Установка на угольнике. Заготовки корпусов подшипников, кронштейнов, патрубков и подобных деталей обрабатывают закрепленными на угольнике (рис. 256). Угольники бывают литые или сварные, рабочие плоскости их взаимно перпендикулярны. Угольник крепят болтами к планшайбе, а заготовку на угольнике (болтами через отверстия в заготовке, костыляим или прихватами). Угольник и заготовку уравновешивают противовесом, как описано выше. Положение заготовки выверяют рейсмасом.

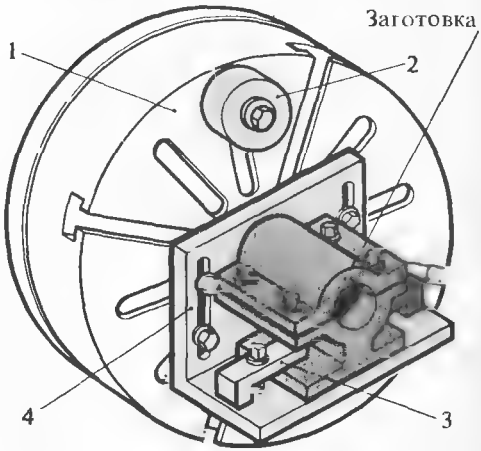
На рис. 257 показан регулируемый угольник. Положение заготовки относительно оси шпинделя может регулироваться при помощи горизонтального *1* и вертикального *2* винтов.

Установка в приспособлениях на базе комплекта УСП. На машиностроительных предприятиях мелкосерийного и индивидуального производств собирают станочные приспособления из деталей стандартного комплекта. Это так называемые универсально-сборные приспособления (УСП). Комплект состоит из плит, планштайб, угольников, упоров, планок, прихватов, винтов, гаек и других деталей, изготовленных с высокой точностью. Из этих деталей быстро создают необходимые приспособления. После обработки партии заготовок приспособление разбирают и из освободившихся деталей собирают другое приспособление. УСП собирают на специальных участках.

На базе комплекта УСП собирают различные токарные приспособления для крепления заготовок сложной формы. На рис. 258 показано приспособление, собранное на планшайбе из стандартной круглой плиты, угольника, поворотной плиты, двух прихватов. На этом приспособлении можно обрабатывать заготовку с двух сторон.

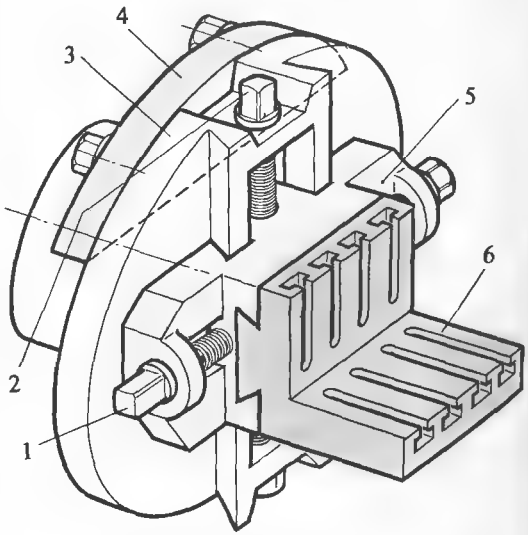
256 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВКИ НА УГОЛЬНИКЕ:

1 – планшайба 2 – противовес 3 – прихват 4 – угольник



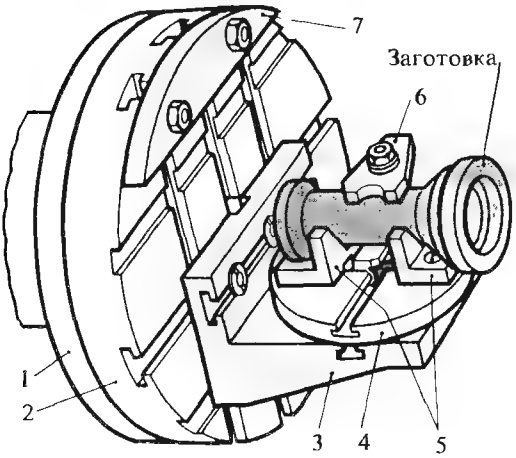
257 РЕГУЛИРУЕМЫЙ УГОЛЬНИК:

1 – горизонтальный винт 2 – вертикальный винт, 3 – планшайба, 4 – противовес, 5 – каретка 6 — угольник



258 ТОКАРНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ УГОЛЬНИК НА БАЗЕ КОМПЛЕКТА УСП:

1 — планшайба; 2 — базовая плита; 3 — угольник; 4 — поворотная плита; 5 — призмы; 6 — прихват; 7 — противовес



§ 81. Обработка нежестких валов

Валы характеризуются жесткостью, т. е. способностью противостоять силам, вызывающим деформации. Чем больший прогиб вызывается одной и той же силой, тем меньше жесткость вала. При отношении $\frac{l}{D} \leq 5$ вал считается жестким, при отношении $\frac{l}{D} = 5 \div 12$ — полужестким, а при $\frac{l}{D} > 12$ — нежестким.

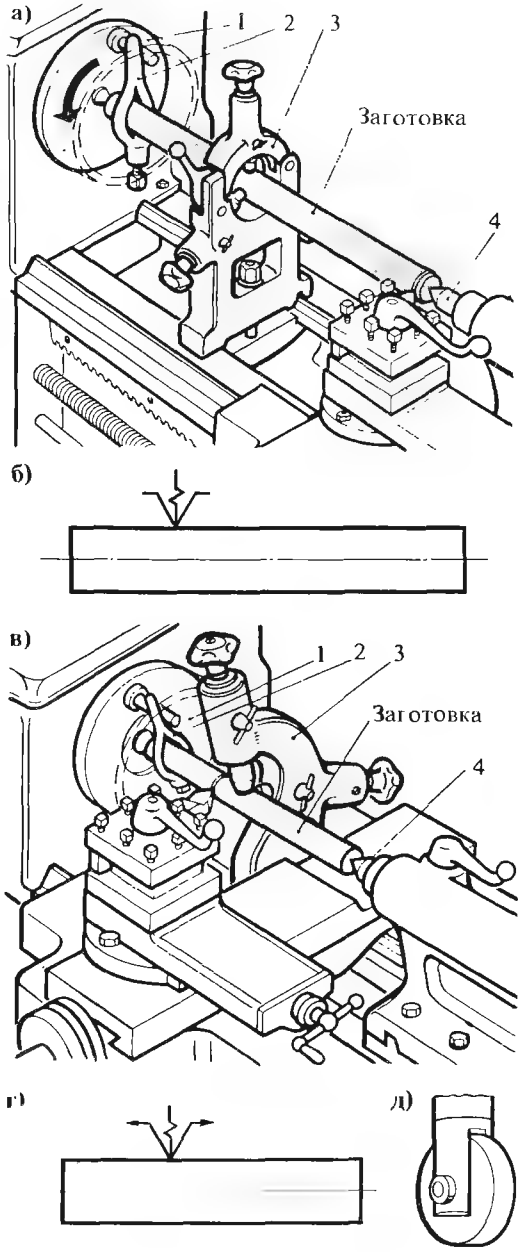
Нежесткие валы обрабатывают закрепленными в центрах и дополнительных приспособлениях — люнетах, чтобы при обтачивании не было отжима заготовки. Отжим приводит к увеличению размера в средней части вала (бочкообразность), сильным вибрациям и даже к вырыву заготовки из центров.

Люнеты бывают неподвижные, закрепляемые на направляющих станины (рис. 259, *а*, *б*), и подвижные, закрепляемые на каретке суппорта и движущиеся вместе с ним (рис. 259, *в*, *г*). Люнеты имеют кулачки из антифрикционного материала (обычно бронза), которые прижимаются к заготовке и препятствуют ее отжиму в процессе резания.

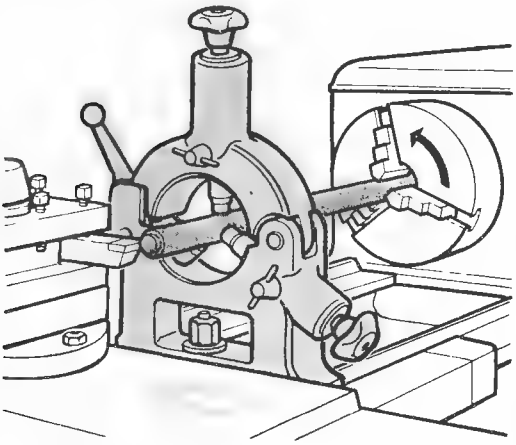
Кулачки периодически смазывают. При обтачивании валов твердосплавными резцами с вы-

259 ОБРАБОТКА НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ, ЗАКРЕПЛЕННЫХ В ЦЕНТРАХ И ЛЮНЕТАХ:

а — в неподвижном люнете; в — в подвижном; б, г — схемы обозначений; д — роликовый кулачок: 1 — планшайба; 2 — хомутик; 3 — люнет; 4 — задний центр



260 ПОДРЕЗАНИЕ ТОРЦА ВАЛА, ЗАКРЕПЛЕННОГО В ПАТРОНЕ И ЛЮНЕТЕ



сокой скоростью резания бронзовые кулачки люнета быстро перегреваются и изнашиваются, кроме того, возможно заклинивание заготовки. В этих условиях люнеты оснащают роликовыми кулачками.

Обработка валов в люнетах требует определенного навыка и аккуратности, так как малейший пережим одного из кулачков может вызвать прогиб заготовки и брак детали.

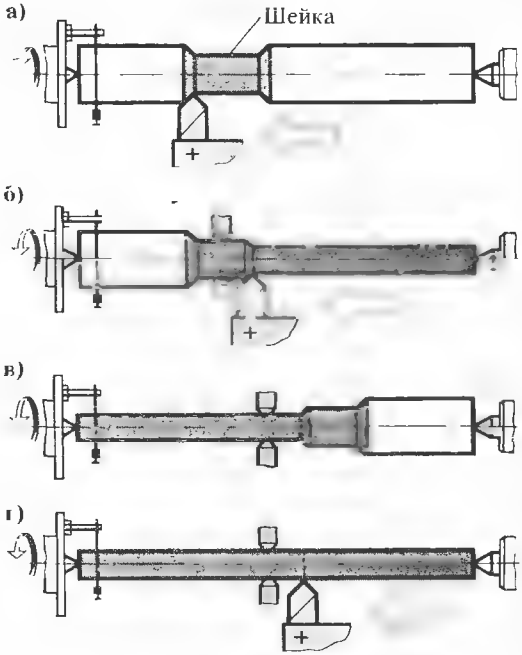
Закрепив длинный вал одним концом в патроне, а другим — в неподвижном люнете, можно подрезать торец и обрабатывать осевое отверстие (рис. 260).

На рис. 261, *а-г* показана последовательность обработки гладкого нежесткого вала при помощи неподвижного люнета. Вал закрепляют в центрах и в средней его части (ближе к передней бабке) протачивают на пониженных режимах шейку под люнет. Затем на станину станка устанавливают неподвижный люнет так, чтобы его кулачки охватывали проточенную шейку. После установки люнета обтачивают заготовку от задней бабки до люнета. Затем вал поворачивают, вновь закрепляют в центрах и люнете и обтачивают второй конец. Чистовую обработку длинного вала целесообразно выполнять при помощи подвижного люнета.

Если заготовкой вала является не прокат, а поковка с неровной наружной поверхностью, то

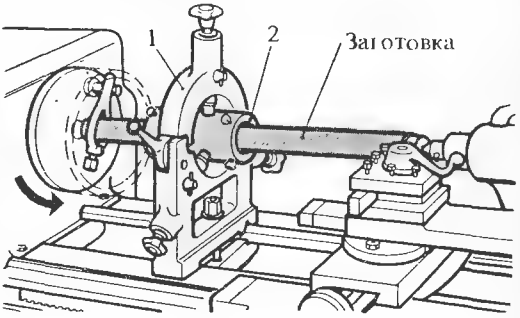
261 СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ГЛАДКОГО НЕЖЕСТКОГО ВАЛА, ЗАКРЕПЛЕННОГО В ЦЕНТРАХ И НЕПОДВИЖНОМ ЛЮНЕТЕ:

а — обточивание шейки под люнет, б — обтачивание первого конца, в — перестановка вала, г — обтачивание второго конца



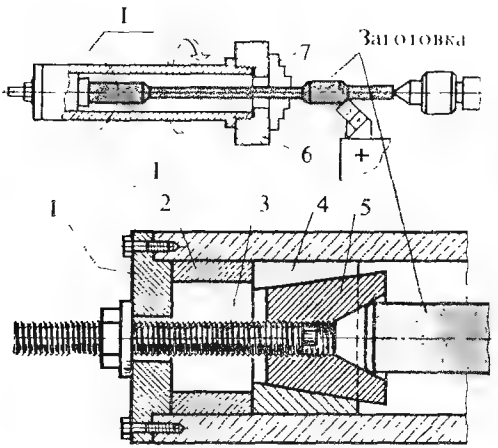
262 ПРИМЕНЕНИЕ ЛЮНЕТНОЙ ВТУЛКИ:

1 — люнет, 2 — втулка



263 ОБРАБОТКА НЕЖЕСТКОГО ВАЛА С ДВУХ СТОРОН С ПРИМЕНЕНИЕМ ШПИНДЕЛЬНОГО ОБРАТНОГО ЦЕНТРА:

1 — фланец, 2 — втулка, 3 — винт, 4 — шайба, 5 — обратный центр, 6 — шпиндель, 7 — кулачок



вместо протачивания шейки на вал надевают люнетную втулку, закрепляемую на валу винтами (рис. 262). Биение наружной поверхности люнетной втулки контролируют индикатором. После выверки втулка устанавливается в кулачках люнета.

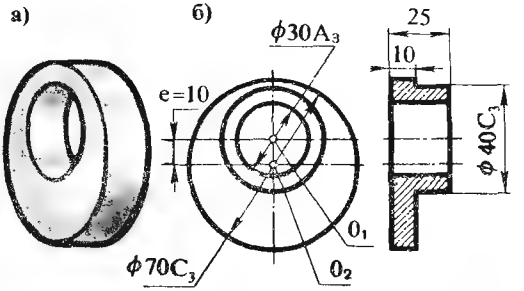
На рис. 263 показана установка нежесткого вала по методу В. К. Семинского без люнета. На заготовке вала в середине протачивают участок на длину 50—60 мм и фаску на торце. Внутри шпинделя закрепляют обратный центр. Заготовку вводят в отверстие шпинделя, она упирается фаской в обратный центр и закрепляется за проточенный участок трехкулачковым патроном. Вал протачивают с одной стороны (одновременно снимается вторая фаска), а затем с другой стороны (с базированием по второй фаске).

§ 82. Обработка заготовок эксцентриковых деталей

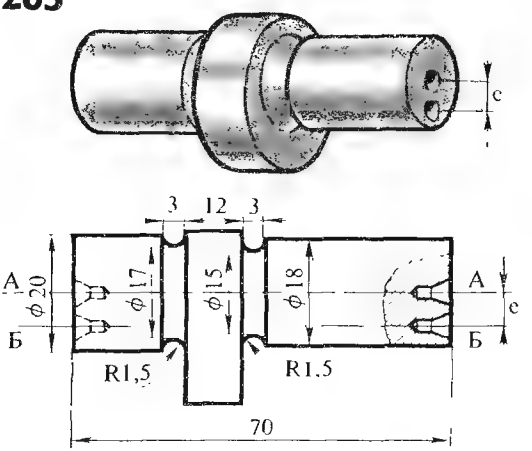
Эксцентриковыми (несоосными) называются детали, у которых оси отдельных поверхностей смещены параллельно осям других поверхностей. К таким деталям относятся эксцентриковые кулачки (ось отверстия не совпадает с

264 ЭКСЦЕНТРИКОВЫЕ КУЛАЧКИ (ДИСКИ):

а — без ступицы, б — со ступицей



265 ЭКСЦЕНТРИКОВЫЙ ВАЛ



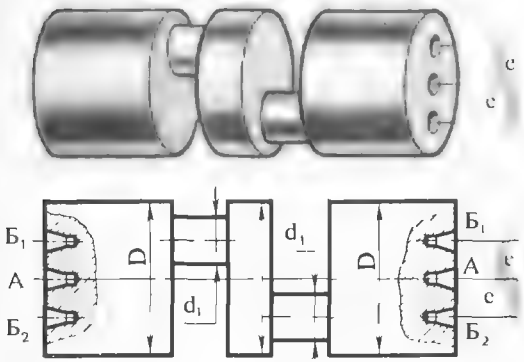
осью диска — рис. 264, *а*, *б*), эксцентриковые валики (ось цапфы смещена от оси вала — рис. 265), коленчатые валы (оси шатунных шеек смещены относительно осей коренных шеек — рис. 266). Расстояние между центрами эксцентричных элементов детали называется эксцентриситетом (*е*).

Обработка эксцентриковых кулачков (дисков) описана ниже.

Первый способ. Предварительно обточенный диск зажимают в четырехкулачковом патроне (рис. 267, *а-в*) с выверкой положения центра O_1 по рейсмасу. Затем патрон ставят так, чтобы два его кулачка расположились горизонтально, к заготовке подводят резец

266 КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ С ЦЕНТРОВЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ В ЦЕНТРАХ:

А — основные центры, $Б_1$ и $Б_2$ — смещенные центры для обработки шатунных шеек, е — эксцентриситет



или металлический стержень, закрепленный в резцедержателе. По лимбу поперечного суппорта замечают деление, соответствующее соприкосновению стержня с заготовкой.

Рукояткой поперечного суппорта отводят стержень к себе на величину эксцентриситета *е* (люфт между винтом и гайкой суппорта должен быть выбран). Затем кулачки смещают до соприкосновения заготовки со стержнем. Соприкосновение (прижим) контролируют бумажкой, защемленной между стержнем и заготовкой: бумажка должна извлекаться с небольшим сопротивлением.

Теперь центр O_2 эксцентричного отверстия будет находиться против оси шпинделя и эксцентриситет *е* будет выдержан – можно сверлить и растачивать (или развертывать) отверстие.

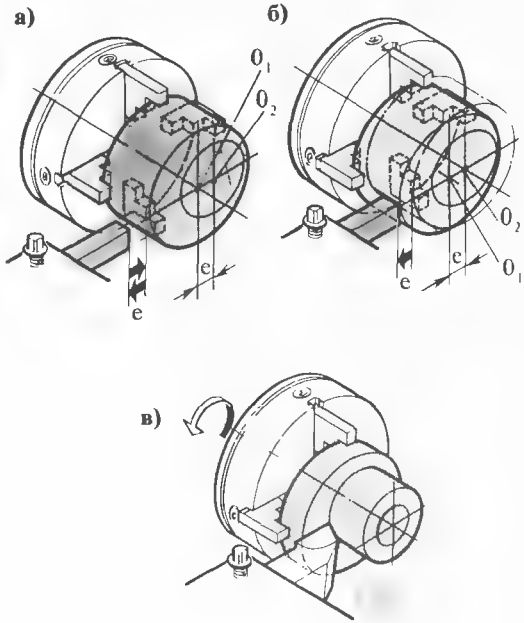
Более точно (с точностью до 0,01 мм) контроль смещения кулачков осуществляют индикатором, закрепленным в резцедержателе.

Второй способ. Диск насаживают предварительно обработанным отверстием на оправку, которую закрепляют в четырехкулачковом патроне, и смещают на эксцентриситет *е* описанным выше способом. Возможна также обработка на центровой оправке (рис. 268) со смещенными центровыми отверстиями *Б*. Оправку устанавливают в центрах станка.

Третий способ. Диск закрепляют в трехкулачковом патроне, причем под один из кулачков подкладывают мерную пластинку, которая смещает диск на заданный эксцентриси-

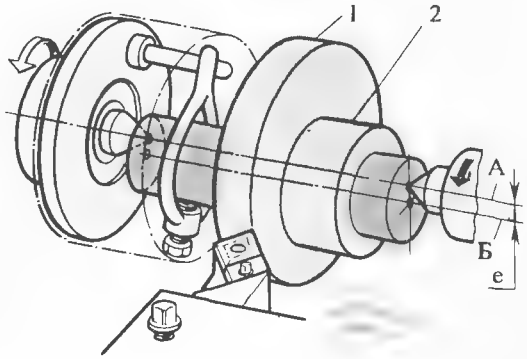
267 КОНТРОЛЬ СМЕЩЕНИЯ КУЛАЧКОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ДИСКА В ЧЕТЫРЕХКУЛАЧКОВОМ ПАТРОНЕ:

а — стержень отведен от заготовки на расстояние е, б — заготовка смещена до соприкосновения со стержнем и зажата, в — обтачивание эксцентричной цапфы



268 ОБРАБОТКА ЭКСЦЕНТРИКОВОГО КУЛАЧКА НА ЦЕНТРОВОЙ ОПРАВКЕ:

центровые отверстия А — для обработки поверхности 1, Б — для обработки поверхности 2, е — эксцентриситет



тет e (рис. 269). Толщина мерной пластинки определяется по формуле

$$h = 1{,}5e\left(1 + \frac{e}{2D}\right) \text{ мм},$$

где D — диаметр поверхности, зажимаемой в кулачках патрона.

Обработка эксцентриковых валиков. Короткие эксцентриковые валики (со смещением цапф) обрабатывают в четырехкулачковом патроне с координатным смещением по описанному выше способу.

Длинные эксцентриковые валики обрабатывают в центрах. Центровые отверстия на торцах валиков засверливают предварительно на сверлильном станке по разметке или при помощи специальных приспособлений.

Вначале вал устанавливают на центровых отверстиях *А* (см. рис. 265), соответствующих оси вала, и протачивают цапфы. Затем вал устанавливают в центрах на смещенных центровых отверстиях *Б* и обтачивают эксцентричный участок.

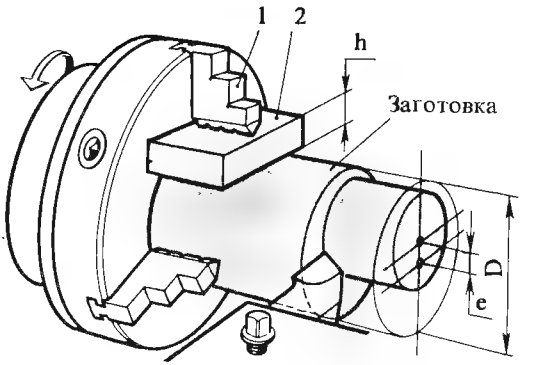
Обработка коленчатых валов. Аналогично обработке эксцентрикового вала, обтачивают коленчатый вал (см. рис. 266) вначале на центрах *А*, затем на центрах $Б_1$ и последней установкой на центрах $Б_2$. Если ось эксцентричной шейки выходит за пределы заготовки коленчатого вала, то для обработки этой шейки заготовку устанавливают в центросместительных шайбах (рис. 270).

Центросместительные шайбы *2* и *4* крепят на коренных шейках вала. На торцах центросместителей шайб засверлены центровые отверстия с заданным смещением от оси коренных шеек. При обработке эксцентричных шеек заготовку устанавливают в центрах на смещенных центровых отверстиях шайб. Распорки *3* служат для повышения жесткости заготовки.

Противовесы *5*, *6* уравновешивают смещенные части заготовки. По мере обтачивания масса заготовки уменьшается и противовесы заменяют более легкими.

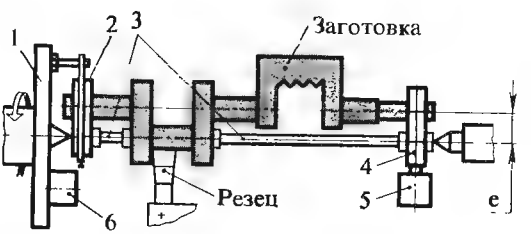
269 УСТАНОВКА ЗАГОТОВКИ ЭКСЦЕНТРИКОВОЙ ДЕТАЛИ В ТРЕХКУЛАЧКОВОМ ПАТРОНЕ:

1 — кулачок, 2 — мерная пластинка



270 ОБРАБОТКА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА В ЦЕНТРОСМЕСТИТЕЛЬНЫХ ШАЙБАХ:

1 — планшайба, 2, 4 — центросместительные шайбы, 3 — распорки, 5, 6 — противовесы; e — эксцентриситет



Контрольные вопросы

1. **Как закрепляют заготовку за коническую или за фасонную поверхность?**
2. **При каких условиях возможно объединение обработки сложной поверхности с обработкой цилиндрических поверхностей в одной операции?**
3. **Как закрепляют заготовки сложной формы на планшайбе?**
4. **Для чего и как уравновешивают заготовку на планшайбе?**
5. **Какие УСП применяют на токарных станках?**
6. **Как классифицируются валы по жесткости?**
7. **Как обрабатывают эксцентриковые и коленчатые валы?**

Основы теории резания металлов

Часть четвертая

Глава XVI
Физические основы процесса резания металлов

§ 83. Развитие науки о резании металлов

Токарная обработка — один из способов обработки металлов резанием. Процесс резания металлов изучается наукой, которая является частью физики твердых тел и называется теорией резания. Для глубокого изучения токарного дела необходимо и знание основ этой теории.

Теория резания рассматривает: общие закономерности процесса образования стружки; силы, действующие на инструмент, и их влияние на процесс резания; тепловые явления, возникающие в процессе резания; износ инструментов и пути повышения их стойкости; влияние геометрии инструментов на процесс резания; влияние режимов резания на усилие резания, стойкость инструмента и его производительность; правила выбора смазочно-охлаждающей жидкости и способа подвода ее в зону резания и т. д.

Основоположниками научных исследований процесса резания металлов являются русские ученые. Профессор Петербургского горного института Иван Августович Тиме (1838—1920 гг.) в 1870 г. в своем труде «Сопротивление металлов и дерева резанию» изложил основные закономерности процесса стружкообразования, указал на прерывистый характер этого процесса, сделал важные выводы о причинах вибрации при резании и т. д.

Научные исследования процессов резания, имеющие большое практическое значение для производства, провели К. А. Зворыкин (1861 — 1928 гг.) и Я. Г. Усачев (1873—1941 гг.). Значительный вклад в науку о резании металлов и ее практическое применение внесли советские ученые И. М. Беспрозванный, В. А. Кривоухов, В. Д. Кузнецов, А. В. Панкин, Е. П. Надеинская и другие, заслуги которых признаны мировой наукой.

В развитии теории резания металлов огромную роль играет тесная связь науки с производством, ученых с инженерами-практиками и с рабочими-станочниками. Часто бывает, что новое, примененное рабочим, затем научно обосновывается учеными и оформляется в виде конкретных производственных рекомендаций.

Ученые, работающие в области резания металлов, дали производству ценные рекомендации по обработке труднообрабатываемых металлов (нержавеющей и жаропрочной стали, титановых сплавов, отбеленного чугуна), по обработке легких сплавов, пластмасс, технической резины, по применению алмазов, эльбора и кубонита для обработки металлов и заточки инструментов, по новым рецептам смазочно-охлаждающих жидкостей и повышению стойкости инструментов.

§ 84. Процесс образования стружки

Сущность обработки металлов резанием заключается в удалении с заготовки поверхностного слоя металла в виде стружки с целью по-

лучения из нее детали нужной формы, требуемых размеров и качества поверхности.

Исследования показали, что процесс резания металла — это скалывание частичек металла под действием силы, с которой передняя поверхность резца вдавливается в срезаемый слой. Скалывание частичек металла (элементов стружки) происходит по плоскости сдвига $\tau - \tau$, расположенной к обрабатываемой поверхности под углом сдвига $\beta_1 = 30 \div 40°$. Внутри каждого элемента происходят межкристаллические сдвиги под углом $\beta_1 = 60 \div 65°$ (рис. 271).

В зависимости от обрабатываемого материала образуются различные виды стружки: скалывания, ступенчатая, сливная и надлома (см. гл. I).

В процессе резания выявлен ряд закономерных явлений, изучение которых позволяет правильно обосновывать выбор конкретных условий (режимов) резания, геометрии резца, смазочно-охлаждающей жидкости и др.

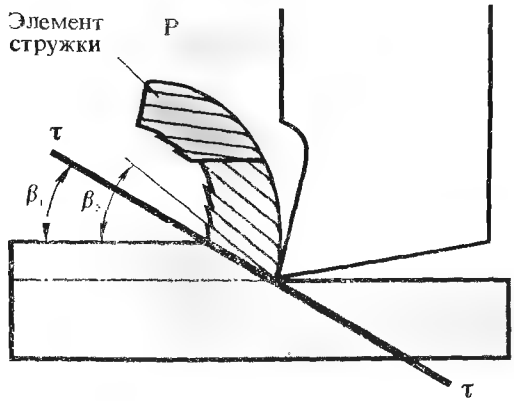
Усадка стружки. Каждый элемент стружки сдавливается под действием силы, прилагаемой со стороны передней поверхности резца, в результате чего стружка всегда имеет меньшую длину, чем длина той поверхности, с которой она срезана (рис. 272). Это явление называется усадкой стружки и характеризуется коэффициентом усадки

$$K = \frac{L_0}{L},$$

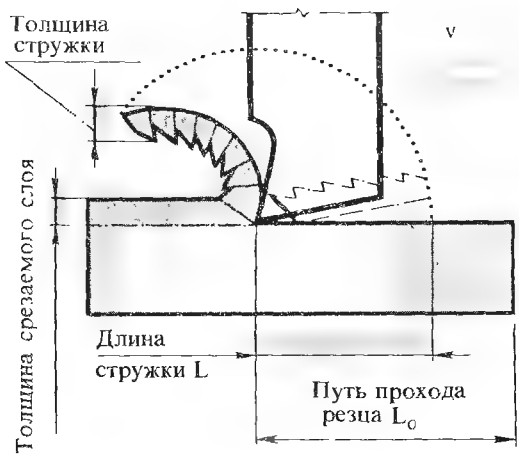
где L_0 — длина обработанной поверхности (путь прохода резца), мм; L — длина стружки, мм.

Величины K всегда больше 1 ($K = 1{,}1 \div 10$). Чем больше значение K, тем более деформирована стружка, т. е. большее сопротивление металл оказывал скалыванию. Следовательно, по коэффициенту усадки можно судить о сопротивлении данного металла резанию (напряженности процесса резания), делать необходимые выводы и принимать практические меры для облегчения процесса резания.

271 СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ СТРУЖКИ:
$\tau - \tau$ — плоскость скалывания



272 СХЕМА УСАДКИ СТРУЖКИ



§ 85. Теплообразование при резании металлов

Энергия, затраченная на процесс резания, превращается в другой вид — в тепловую энергию. В зоне резания возникает теплота резания.

Более всего нагревается стружка (до 75% выделяющейся теплоты), так как она претерпевает значительную деформацию. До 20% выделяемой теплоты воспринимает резец, около 4% — обрабатываемая заготовка и около 1% расходуется на нагрев окружающей атмосферы (радиация).

При затуплении резца схема распределения теплоты резания изменяется: резец и заготовка нагреваются в большей степени.

Стальная стружка, сходя по передней поверхности резца, успевает передать ему большую часть своей теплоты, поэтому инструмент, на-

греваясь от трения и получая дополнительный нагрев от стружки, может перегреться и утратить режущие свойства. Режущая кромка такого перегретого инструмента приобретает синий оттенок и оплавляется. Оплавление режущей кромки – результат неправильного выбора режимов резания. Если резец не доведен до аварийного разрушения (оплавления), перегрев и в этом случае приводит к размягчению режущей кромки инструмента и ускорению износа.

§ 86. Физические явления, сопровождающие процесс резания

Наклеп. Обработанная поверхность всегда имеет более высокую твердость, это результат наклепа (изменения структуры) поверхностного слоя обрабатываемого металла под действием деформации, сопровождающей скалывание элементов стружки. Глубина наклепанного слоя достигает 1 –2 мм.

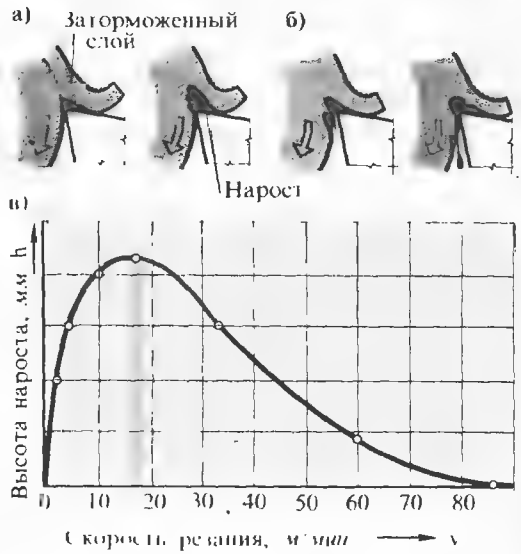
Степень наклепа (повышение твердости) и глубина наклепанного слоя зависят от механических свойств обрабатываемого материала (хрупкие металлы наклепываются меньше, чем вязкие), от геометрии резца (меньший передний угол резца вызывает больший наклеп), от режимов резания, смазки и других факторов. Наклеп снимают отжигом.

Образование нароста. При резании пластичных металлов на передней поверхности вблизи режущей кромки образуется «бугорок» металла, «приварившегося» к передней поверхности. Это так называемый нарост. Причина его возникновения – некоторое притормаживание поверхностного слоя стружки при сходе по передней поверхности резца (рис. 273, *а*). Нарост обладает высокой твердостью, так как, нагреваясь, а затем охлаждаясь, закаливается и, кроме того, значительно уплотняется (наклепывается).

При обдирочной обработке нарост, воспринимая на себя нагрузку, предохраняет переднюю поверхность резца от перегрева и износа. Поэтому явление наростообразования при черновой обработке не вредно, а даже полезно. Наростообразование при чистовой обработке – вредное явление, снижающее точность и качество обработанной поверхности. Нарост не удерживается длительное время на резце, а периодически обламывается и увлекается между режущей кромкой резца и заготовкой

273 ОБРАЗОВАНИЕ НАРОСТА ПРИ ТОЧЕНИИ:

а – схема образования нароста, б – срыв нароста, в – зависимость высоты нароста от скорости резания



(рис. 273, *б*). При этом мелкие обломки образуют вмятины (лунки) на обработанной поверхности, а прилипшие к ней мельчайшие кусочки металла создают шероховатость. Кроме того, неровные края нароста, выходя за режущую кромку, царапают обработанную поверхность.

В условиях наростообразования невозможно получить высококачественную обработанную поверхность (не выше пятого класса шероховатости поверхностей).

Устранение причин наростообразования и получение высокого качества обработанной поверхности достигают следующими путями:

работой в определенной зоне скоростей резания. Наиболее интенсивно нарост образуется при скоростях резания 7÷80 м/мин (рис. 273, *в*). При малых скоростях резания (до 7 м/мин) температура в зоне резания недостаточна для спекания и закаливания нароста, а при больших скоростях резания (выше 80 м/мин) нарост не успевает привариваться к резцу, так как уносится быстросходящей стружкой. Обработку многолезвийными инструментами из быстрорежущей стали (раз-

вертки, метчики) и фасонными резцами, т. е. инструментами, которые должны обеспечивать малую шероховатость, ведут на низких скоростях резания, а твердосплавными резцами, зенкерами, фрезами — на высоких скоростях резания;

применением смазочно-охлаждающей жидкости. Если поверхность резца хорошо смазывается, нарост образуется в меньшей степени. В качестве СОЖ при чистовой обработке применяют осерненное масло (сульфофрезол), специальные многокомпонентные («компаундированные») составы, жидкость с содержанием дисульфида молибдена MoS_2 и др. Правильный выбор смазочно-охлаждающей жидкости — важный фактор хорошего качества обработанной поверхности;

доводкой или полированием передней поверхности, при этом трение стружки об инструмент резко снижается, уменьшается «притормаживание» поверхностного слоя стружки и нарост практически не образуется.

§ 87. Вибрации при резании

В процессе резания возникают вибрации инструмента, заготовки и станка. Причины возникновения вибрации при токарной обработке следующие:

колебание сил сопротивления металла в результате периодического скалывания элементов стружки и наростообразования;

колебание сил сопротивления металла при неравномерном припуске на обработку;

неуравновешенность заготовки и патрона, приводящего к возникновению центробежных сил;

колебания, передаваемые через фундамент от других станков, прессов, машин, работающих поблизости.

Вибрации нарушают нормальную работу на станке, снижают стойкость инструмента, ухудшают качество обработки, повышают износ станка, нарушают безопасность работы.

Применяют следующие способы борьбы с вибрациями:

нежесткие и полужесткие валы обрабатывают резцами с большими углами в плане $\varphi = 60 \div 90^\circ$ и малыми радиусами закругления вершины $r = 1 \div 1{,}5$ мм;

трехкулачковые патроны вместе с планшайбами должны быть отбалансированы. При обработке несимметричных заготовок обязательна установка противовеса;

вылет пиноли задней бабки должен быть минимальным, задняя бабка надежно закреплена, а пиноль застопорена;

вылет резца не должен превышать ($l = 1{,}5H$), при необходимости увеличения вылета уменьшают нагрузку на резец;

нежесткую заготовку обрабатывают с дополнительным креплением при помощи люнетов;

при подрезных и отрезных работах без продольной подачи зажимают каретку суппорта;

при работе на налаженном станке по упору без поперечной подачи затягивают клинья поперечных салазок суппорта;

не допускают значительного износа резца, своевременно затачивают и доводят его, выдерживая заданную геометрию;

в отдельных случаях применяют виброгасители;

своевременно регулируют подшипники шпинделя станка;

на длинный вал, обрабатываемый в центрах, подвешивают на проволоке груз (тяжелую деталь), который будет поглощать вибрации;

для повышения жесткости поперечного суппорта на него кладут груз (тяжелую деталь);

на палец поводковой планшайбы или хвостовик хомутика надевают резиновую трубку;

под кулачки самозажимного патрона подкладывают резиновую прокладку или перед установкой в кулачки обматывают конец заготовки резиновой лентой;

надежно закрепляют станок на фундаментных болтах с амортизирующими подкладками.

Контрольные вопросы

1. **Объясните сущность процесса образования стружки.**
2. **Отчего возникает и как распределяется теплота резания?**
3. **Что такое наклеп?**
4. **Почему образуется нарост и как он влияет на качество поверхности?**
5. **Отчего возникают вибрации в процессе резания и какими способами преодолевают их вредное воздействие?**

Глава XVII
Токарные резцы

§ 88. Геометрия резца

Для изучения геометрии резца вводятся следующие условные плоскости (рис. 274).

Основная плоскость (ОП) — плоскость, в которой совершается движение подачи резца. Обычно основная плоскость совпадает с опорной плоскостью резца («подошвой»).

Плоскость резания (ПР) — плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через каждую кромку. Если резец стоит по центру заготовки, то плоскость резания перпендикулярна основной плоскости. На рис. 274 плоскость резания спроектировалась прямой линией, проходящей через режущую кромку.

Главная секущая плоскость (ГСП) — плоскость, перпендикулярная плоскости резания и проходящая через режущую кромку. На рис. 274 главная секущая плоскость спроектировалась прямой линией, перпендикулярной к режущей кромке.

На процесс резания существенное влияние оказывают углы резца в плане, т. е. углы в основной плоскости (рис. 275).

Главный угол в плане φ — угол между режущей кромкой и направлением подачи.

На рис. 276 видно, что при малом угле φ в работе участвует бо́льшая часть режущей кромки, улучшается отвод тепла, повышается стойкость резца. При большом угле φ работает ме́ньшая часть режущей кромки, поэтому стойкость резца снижается.

Следует отметить, что при обработке длинной и тонкой, т. е. нежесткой заготовки (детали), когда возникает опасность ее прогиба, лучше применять резцы с большим углом φ, так как при этом отжимающее усилие будет меньше. Из этих соображений назначают главный угол в плане φ: для жестких заготовок $\varphi=30—45°$, для нежестких $\varphi=60—90°$.

При меньшем главном угле в плане стружка получается тонкой и лучше завивается.

Вспомогательный угол в плане φ_1 — угол между вспомогательной кромкой и направлением подачи. Если угол φ_1 мал, то из-за некоторого отжима резца вспомогательная кромка будет врезаться в обработанную поверхность и портить ее. Большой угол φ_1 также неприемлем, так как ослабляется вершина резца. Обычно угол $\varphi_1=10\div30°$.

Угол при вершине ε — угол между режущей и вспомогательной кромками. Углы φ и φ_1 зависят от заточки и установки резца, а угол ε — только от заточки.

$$\varphi+\varepsilon+\varphi_1=180°.$$

При установке резца неперпендикулярно к оси заготовки углы φ и φ_1 изменяются.

Закругление r вершины резца (см. рис. 275) предохраняет ее от поломок и, кроме того, обеспечивает меньшую шероховатость. Радиус закругления зависит от размеров резца и его назначения (черновой или чистовой).

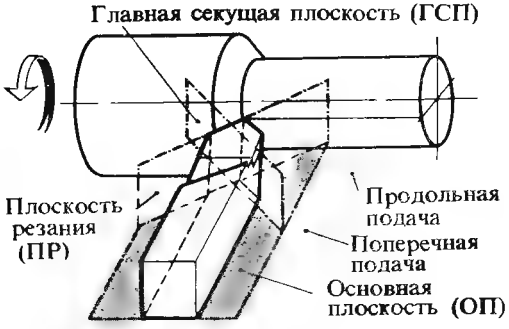
Углы резца в главной секущей плоскости (основные углы). Если рассечь резец по главной секущей плоскости, то в сечении будет видна клиновидная форма рабочей части резца, который характеризуется следующими углами (см. рис. 275).

Главный задний угол α — угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания. При малом угле α возможно трение главной задней поверхности по поверхности резания. При большом угле α ослабляется режущая кромка. Главный задний угол $\alpha=6\div12°$ (обычно 8°).

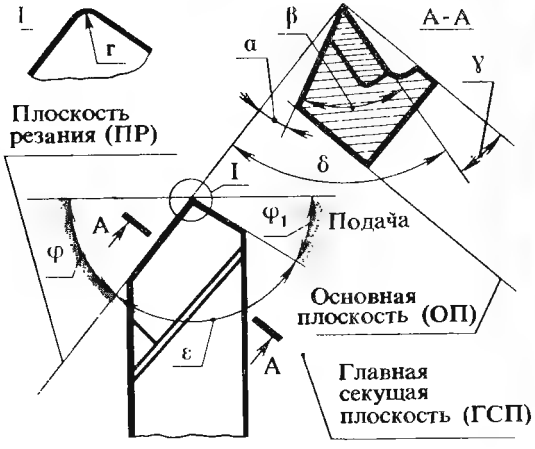
Передний угол γ — угол между передней поверхностью (или касательной к ней) и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания. От переднего угла зависит сход стружки: при малых значениях переднего угла стружка круто загибается, что повышает сопротивление резанию, вызывает вибрации и ухудшение качества обработки; при увеличении переднего угла сход стружки облегчается, процесс резания протекает нормально, однако ослабляется режущая кромка резца. Поэтому большой передний угол допускается только при обработке мягких металлов, так как при этом некоторое ослабление режущей кромки не вызывает поломку резца.

Передний угол выбирают в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала.

274 УСЛОВНЫЕ ПЛОСКОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ РЕЗЦА

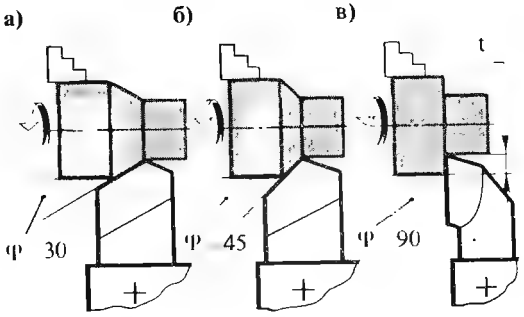


275 УГЛЫ РЕЗЦА В ПЛАНЕ И В ГЛАВНОЙ СЕКУЩЕЙ ПЛОСКОСТИ

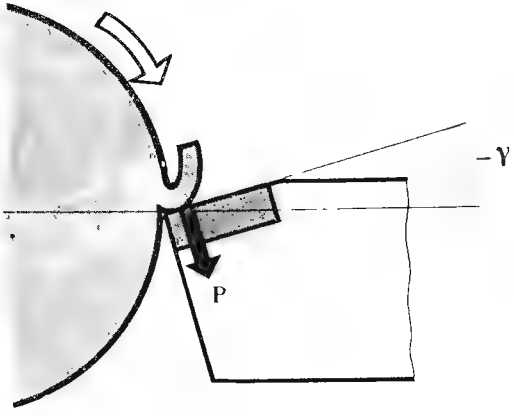


276 ЗАВИСИМОСТЬ РАБОЧЕЙ ДЛИНЫ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ОТ ГЛАВНОГО УГЛА В ПЛАНЕ:

а $\varphi = 30$ *б* $\varphi = 45$ *в* $\varphi = 90$



277 РЕЗЕЦ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПЕРЕДНИМ УГЛОМ



Если передняя поверхность резца направлена вниз от режущей кромки, то передний угол считается положительным ($+\gamma$); если передняя поверхность направлена вверх от режущей кромки, то передний угол считается отрицательным ($-\gamma$).

Резцы с отрицательным передним углом (рис. 277), оснащенные пластинками из твердого сплава (обычно Т5К10), применяют для обдирочных работ стали с ударной нагрузкой или при неравномерном припуске на мощных токарных и карусельных станках.

Преимущество резцов с отрицательным передним углом для обдирочных работ заключается в том, что удары воспринимаются не режущей кромкой, а всей передней поверхностью, что предохраняет режущую кромку от разрушения.

278 ФОРМЫ ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЗЦА

Форма передней поверхности	Плоская с фаской	Радиусная с фаской	Плоская без фаски
Эскиз	$\gamma_f=(-5°)\div 0$; f; γ	$\gamma_f=(-5°)\div 0$; B 2÷2,5; R4÷6; f; 0,1÷0,15	γ
Рекомендуемое применение	Резцы для обработки стали	Резцы для обработки стали Канавка обеспечивает завивание стружки	Резцы для обработки чугуна и жаропрочных сталей с подачей меньше 0,5 мм/об

Для обработки стали режущую кромку твердосплавного резца притупляют под небольшим отрицательным углом (отрицательная фаска).

Рекомендуемые формы передней поверхности твердосплавного резца в зависимости от условий работы показаны на рис. 278.

Угол заострения β — угол между передней и задней поверхностями (или угол между касательными к этим поверхностям) (см. рис. 275).

Угол резания δ — угол между передней поверхностью и плоскостью резания.

Углы α и γ образуются при заточке резца, а углы β и δ являются производными от углов α и γ:

$$\beta=90°-\alpha-\gamma; \quad \delta=90°-\gamma.$$

Углы α и γ зависят не только от заточки, но и от установки резца относительно центра заготовки. При установке резца выше центра плоскость резания (касательная к поверхности резания) изменяет положение, т. е. поворачивается под углом μ (рис. 279, *а*, *в*):

$$\sin\mu=\frac{h}{D/2}.$$

При наружной обработке поворот плоскости резания приводит к тому, что фактический задний угол $\alpha_ф$ уменьшается на угол μ, а передний угол $\gamma_ф$, наоборот, увеличивается на угол μ (рис. 279, *а*) по сравнению с углами заточки $\alpha_{зат}$ и $\gamma_{зат}$:

$$\alpha_ф=\alpha_{зат}-\mu; \quad \gamma_ф=\gamma_{зат}+\mu.$$

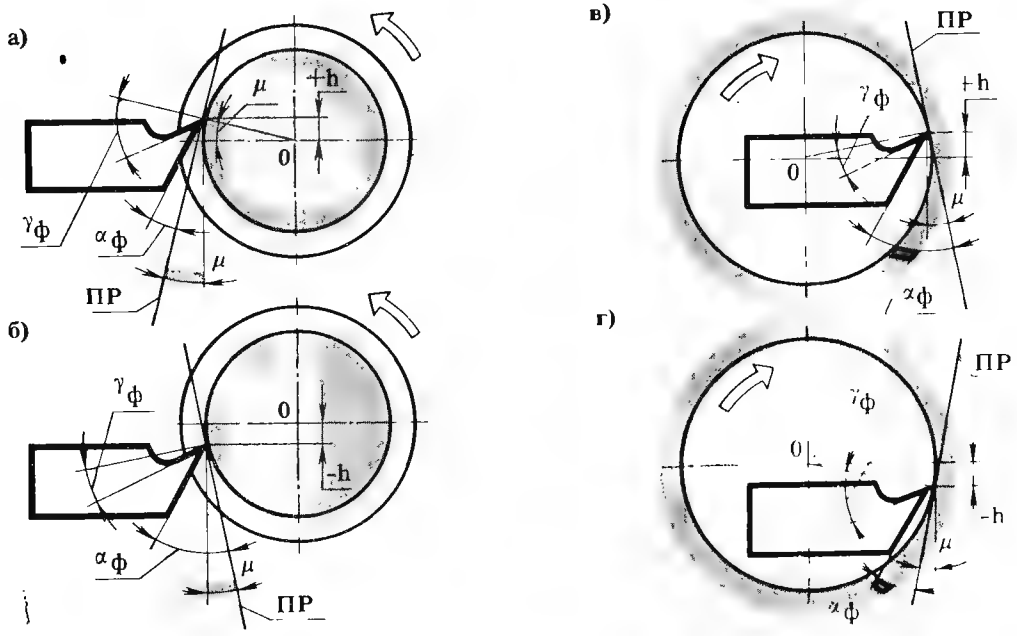
Если резец поставить ниже центра, то соответственно задний угол увеличивается, а передний уменьшается (рис. 279, *б*, *г*):

$$\alpha_ф=\alpha_{зат}+\mu; \quad \gamma_ф=\gamma_{зат}-\mu.$$

Практически при наружной токарной обработке допускается установка резца выше центра на величину $h=0{,}02D$, так как сила резания несколько отжимает резец вниз и режущая кромка становится на уровень центра заготовки (детали). При внутренней обработке (растачивании) углы α и γ также изменяются в зависимости от установки вершины резца относительно центра заготовки (рис. 279, *в*, *г*).

279 ИЗМЕНЕНИЕ УГЛОВ α и γ ПРИ УСТАНОВКЕ токарного резца не по центру заготовки:

а и в — установки выше центра, б и г — установка ниже центра; ПР — плоскость резания



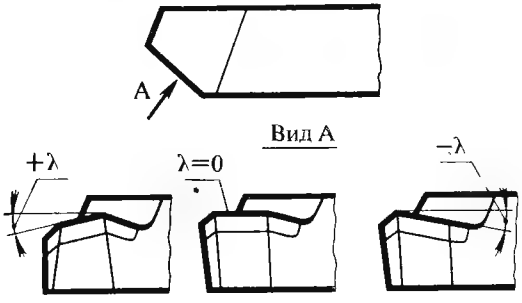
Угол наклона режущей кромки λ — это угол между режущей кромкой и ее проекцией на основную плоскость (рис. 280). Он может быть нулевым, если режущая кромка параллельна основной плоскости; положительным (вершина является самой нижней точкой режущей кромки), отрицательным (вершина является самой верхней точкой режущей кромки). От направления режущей кромки и числовой величины угла λ зависит направление схода стружки. При положительном угле $+\lambda$ вершина вступает в соприкосновение с заготовкой (деталью) позже всех остальных точек режущей кромки, поэтому она защищена от ударов. Для работы с тяжелой ударной нагрузкой рекомендуются резцы с углами $+\lambda$ и $-\lambda$ (см. рис. 277).

§ 89. Инструментальные материалы

К материалу, из которого изготовляют резцы, предъявляют особые требования.

Чтобы режущая часть резца могла врезаться в поверхность заготовки, твердость режущей части должна быть выше твердости обрабатываемого металла.

280 УГОЛ НАКЛОНА РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ



Металл или сплав, сопротивляясь внедрению режущей части инструмента в срезаемый слой, давит на переднюю поверхность резца; эта сила давления стремится изогнуть, сломать резец, поэтому материал, из которого сделан резец, должен обладать достаточной прочностью.

Режущая кромка резца, испытывающая при работе ударные нагрузки, не должна выкрашиваться, поэтому материал режущей части должен быть достаточно вязким.

Передняя и задняя поверхности резца, соприкасающиеся при резании с обрабатываемым металлом, подвергаются истиранию и нагреву до высокой температуры. Следовательно, инструментальные материалы должны быть износостойкими при высокой температуре в течение продолжительного времени, т. е. обладать высокой красностойкостью.

Быстрорежущие стали. Наиболее распространенным инструментальным материалом является быстрорежущая сталь. Особенность быстрорежущей стали: высокая твердость (до HRC65), высокая красностойкость (до 650°С), способность в случае перегрева восстанавливать режущие свойства после охлаждения на воздухе. Эти свойства достигаются благодаря легированию вольфрамом, хромом, ванадием и другими элементами.

По ГОСТ 9373—60 быстрорежущие стали подразделяются на стали нормальной и повышенной производительности. К быстрорежущим сталям первой группы относятся стали марок Р9 (9% вольфрама), Р12, а также вольфрамомолибденовые быстрорежущие стали Р6М5 молибдена 5% и Р6М5Ф3, инструменты из которых для черновой обработки имеют преимущества перед инструментами из сталей Р12, Р9, так как молибден повышает красностойкость. Красностойкость быстрорежущих сталей первой группы 600°С.

К быстрорежущим сталям второй группы относятся Р9К5, Р9Ф2К10, Р18Ф2К5 и Р10Ф2К5, содержащие соответственно 5 и 10% кобальта, а также Р6М5К8 и Р9М4К8 — кобальта 8%. Красностойкость этих сталей достигает 650°С. Они применяются для обработки твердых и вязких конструкционных материалов (нержавеющей и жаропрочной стали, титановых сплавов). Особенно эффективна при обработке труднообрабатываемых сплавов быстрорежущая сталь Р18Ф2К8М.

Инструменты из быстрорежущей стали подвергают термической обработке — закалке и отпуску. Для быстрорежущей стали Р6М5 закалка заключается в нагреве до 1230°С, выдержке до 2 мин и быстром охлаждении в масле. Режим отпуска: нагрев до 550°С, выдержка до 90 мин и медленное охлаждение на воздухе (или вместе с печью). Отпуск производят троекратно. Благодаря отпуску структура металла, полученная после закалки (мартенсит), стабилизируется, снимаются внутренние напряжения, инструмент приобретает высокие режущие свойства.

Твердые сплавы. Значительно большей твердостью (до HRA90), красностойкостью (до 1000°С) и износостойкостью обладают металлокерамические сплавы. Сырьем для их изготовления являются порошки карбидов (соединений с углеродом) вольфрама и титана совместно с порошком кобальта. Порошки прессуют в пресс-формах, получая пластинки различных форм и размеров. Эти пластинки затем спекают в специальных печах при температуре до 1600°С (в водородной атмосфере).

Металлокерамические твердые сплавы — непластичны, наоборот, обладают повышенной хрупкостью.

В зависимости от содержания карбида вольфрама, карбида титана и кобальта твердые сплавы приобретают различные свойства. Чем больше кобальта, тем сплав более вязок, лучше сопротивляется ударной нагрузке. Поэтому сплавы с большим содержанием кобальта применяют для инструментов, которыми выполняют обдирочные работы.

Стальная стружка обладает способностью «прилипать» к передней поверхности инструмента и выносить за собой частички металла инструмента. Если твердый сплав содержит карбид титана, то такое «прилипание» (адгезия) наступает только при очень высокой температуре (выше 700°С), что соответствует скоростям резания, на которых практически работы не ведутся. Поэтому для обработки стали применяются твердые сплавы, содержащие карбид титана.

При обработке чугуна стружка надлома давит на переднюю поверхность резца близко к режущей кромке, и это может вызвать поломку режущей кромки. Наличие большого количества карбида вольфрама повышает твердость режущей кромки, т. е. способствует увеличению работоспособности резца именно при обработке чугуна.

Области применения твердых сплавов для режущих инструментов рекомендованы ГОСТ 3882—74: твердые сплавы группы ВК (вольфрамокобальтовые) — для обработки хрупких материалов (чугун, бронза); сплавы группы ТК (титановольфрамокобальтовые) — для обработки вязких материалов (сталь, латунь). На державках резцов наносится марка твердого сплава.

Мелкозернистые твердые сплавы группы ВК (с индексом М) и крупнозернистые (с индексом В) предназначены для изготовления инструментов, обрабатывающих заготовки из нержавею-

щей и жаропрочной стали, из титановых сплавов, закаленной стали.

Промышленность выпускает также трехкарбидные твердые сплавы титановольфрамокобальтовые, обладающие высокой ударной вязкостью. Инструментами, оснащенными пластинками сплава ТТ7К12 успешно выполняют работы с тяжелой ударной нагрузкой, например обрабатывают заготовки с прорезями, с наплавленной поверхностью, отливки со следами отрезанных прибылей и т. д. Сплав ТТ10К8-Б служит для отработки труднообрабатываемых материалов.

Минералокерамика. Для оснащения режущей части резца применяется также синтетический материал — минералокерамика (ЦМ332), изготовляемый из дешевого сырья глинозема. Пластинки минеральной керамики (белого цвета) обладают высокой твердостью (до HRA 93), красностойкостью (до 1200°С) и износостойкостью. Однако повышенная хрупкость этого материала ограничивает его применение.

Резцы, оснащенные минералокерамическими пластинками, используют для чистовой и получистовой обработки главным образом медных и алюминиевых сплавов и чугуна.

Алмазы. Самыми твердыми из инструментальных материалов являются алмазы. Алмазы бывают естественные (природные) и искусственные (синтетические).

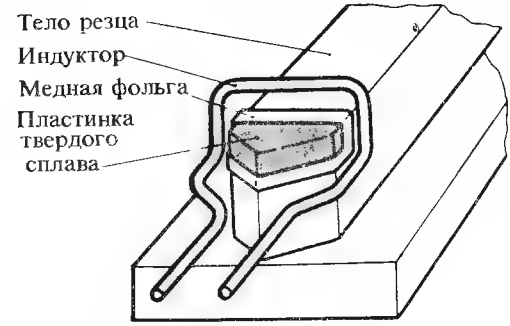
Применение алмазных инструментов позволяет производительно и высококачественно обрабатывать самые твердые материалы.

Для высокопроизводительной обработки сталей, в том числе легированных и закаленных, успешно применяется новый синтетический материал — кубический нитрид бора (торговые марки «Эльбор-Р», «Композит», «Кубонит»).

§ 90. Изготовление и заточка резцов

Токарные резцы изготовляют на специализированных инструментальных заводах или в инструментальных цехах машиностроительных заводов. Державки (стержни) для резцов изготовляют из стали 45 свободной ковкой, горячей штамповкой или литьем в точных (оболочковых) формах. Державки для резцов с прямой головкой нарезают из проката прямоугольного сечения.

281 НАГРЕВ ГОЛОВКИ РЕЗЦА В ИНДУКТОРЕ ТВЧ ПЕРЕД НАПЛАИВАНИЕМ ПЛАСТИНКИ



Технологическая схема изготовления твердосплавных резцов:

обработка опорной плоскости державки строганием, фрезерованием или плоским шлифованием;

фрезерование главной и вспомогательной задних поверхностей головки резца и гнезда под пластинку;

припаивание пластинки твердого сплава. В качестве припоя применяют красную медь или латунь Л62. Гнездо посыпают прокаленной бурой, служащей в качестве флюса, и укладывают в него пластинку и припой. Головку резца нагревают до расплавления припоя (900—950°С) в петлевом индукторе т.в.ч. (токи высокой частоты) (рис. 281). После расплавления припоя резец извлекают из индуктора и пластину прижимают к гнезду металлическим стержнем. Головку резца с припаянной пластинкой охлаждают в сухом песке или древесной золе, что предохраняет пластинку от появления трещин;

заточка и доводка рабочей части резца.

В табл. 17 приведен технологический процесс заточки твердосплавного резца (форма передней поверхности — радиусная с фаской).

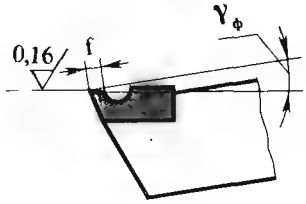
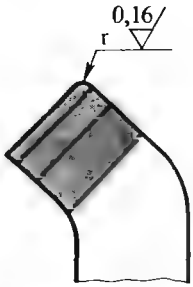
Все шире стали применять алмазную заточку и доводку резцов алмазными кругами.

Алмазную заточку выполняют на станках с охлаждением зоны заточки специальной жид-

Таблица 17

Технологический процесс заточки твердосплавного резца

Операция	Эскиз
I. Заточка главной и вспомогательной задних поверхностей державки	0,32; $\alpha_л$; $\alpha_д = \alpha + 3°$
II. Заточка передней поверхности твердосплавной пластинки под углом γ	0,63÷0,32; γ
III. Заточка главной и вспомогательной задних поверхностей твердосплавной пластинки	2,5÷0,63; α
IV. Заточка стружкозавивающей канавки на твердосплавной пластинке радиусом *R* и шириной *B*	B; R; 0,32
V. Доводка фаски из главной задней поверхности шириной *b*	b; 0,32; $\alpha_ф$; $\alpha_ф = \alpha - 2°$

Операция	Эскиз
VI. Доводка фаски на передней поверхности под углом γ шириной f	
VII. Доводка вершины резца по радиусу r или переходной режущей кромке	

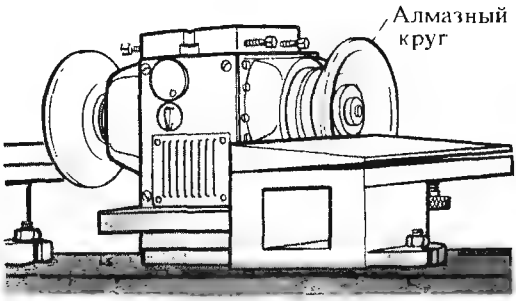
костью. Алмазная заточка обеспечивает высокую стойкость инструмента.

После заточки твердосплавные резцы подвергают доводке (без охлаждения) на алмазных доводочных кругах. Алмазную доводку выполняют на доводочном станке, имеющем подшипники, обеспечивающие минимальное биение шпинделя (рис. 282). Окружная скорость алмазного круга 20–25 м/с.

Твердосплавные резцы, подлежащие доводке, должны иметь такие углы режущей кромки, чтобы алмазный круг работал только по пластинке и не касался державки резца, иначе круг будет быстро «засаливаться». Державку затачивают предварительно под углом $\alpha_д=\alpha+3°$, пластинку затачивают под углом α, а фаску по задней поверхности доводят алмазным кругом на ширину $b=1$: 1,5 мм под углом $\alpha_ф=$ $=\alpha$ 2° (см. табл. 20).

Алмазная доводка позволяет получить на режущей кромке и трущихся поверхностях резца шероховатость поверхности десятого—одиннадцатого класса, обеспечивает высокую остроту режущей кромки и повышает долговечность резца в 1,5—2 раза.

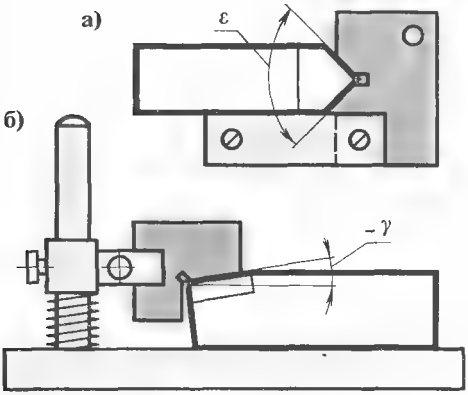
282 СТАНОК ДЛЯ АЛМАЗНОЙ ДОВОДКИ РЕЗЦОВ



Для заточки и доводки резцов из быстрорежущей стали используют круги с рабочей поверх-

283 КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИИ РЕЗЦА ШАБЛОНАМИ:

а — удерживаемым в руке (держат в руке и резец); б — закрепленным в стойке



ностью из «Эльбора», близкого по твердости алмазу, но имеющего значительно более высокую красностойкость.

После заточки геометрию резца контролируют шаблонами, которые удерживают в руке или закрепляют в специальной стойке (рис. 283, *а*, *б*), специальными приборами (рис. 284, *а-б*) или универсальными угломерами (рис. 285, *а-в*).

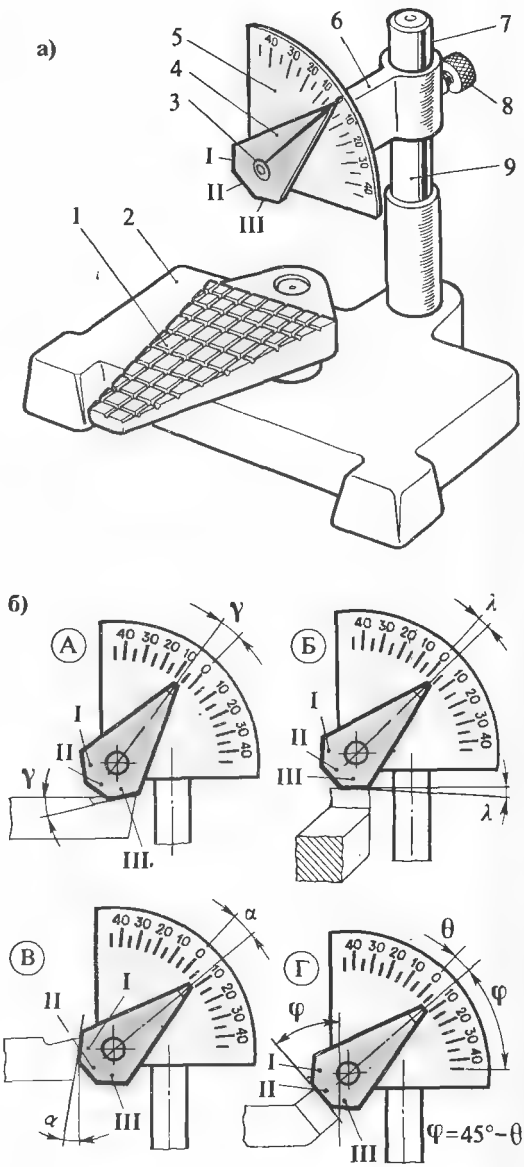
§ 91. Резцы с механическим креплением многокромочных пластинок твердого сплава

Твердосплавные резцы применяют широко, однако при напаивании происходит нагрев и расширение самой пластинки и державки, а при охлаждении — их сжатие. Державка, обладающая бо́льшим коэффициентом объемного расширения, чем пластинка, сжимается быстрее пластинки, вызывая появление в ней микротрещин. Это же явление повторяется при нагреве и охлаждении, которые сопровождают процесс абразивной заточки.

Резцы с механическим креплением твердосплавных пластинок лишены этого недостатка. Наиболее распространенной является конструкция ВНИИ с механическим креплением многокро-

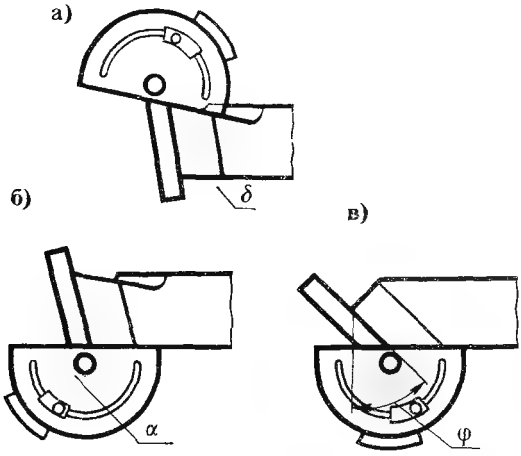
284 ПРИБОР ВНИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ РЕЗЦОВ:

а — общий вид прибора; б — контроль углов на приборе ВНИИ: А — переднего угла (γ), Б — наклона режущей кромки (λ), В — заднего (α), Г — в плане (φ); 1 — поворотный стол, 2 — основание, 3 — ось, 4 — шаблон-указатель, 5 — шкала, 6 — кронштейн, 7 — шпонка, 8 — винт, 9 — штанга; I, II, III — мерительные поверхности шаблона-указателя



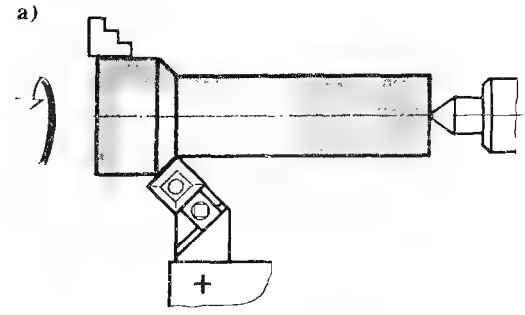
285 КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИИ РЕЗЦА УНИВЕРСАЛЬНЫМ УГЛОМЕРОМ:

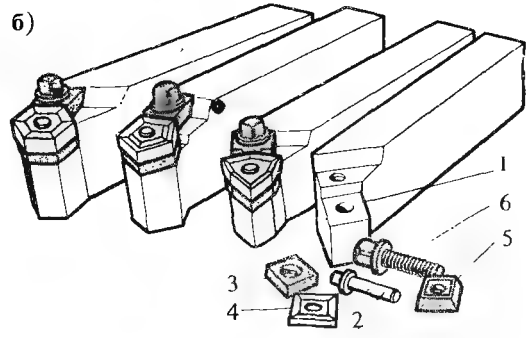
а — угла δ; б — α; в — φ

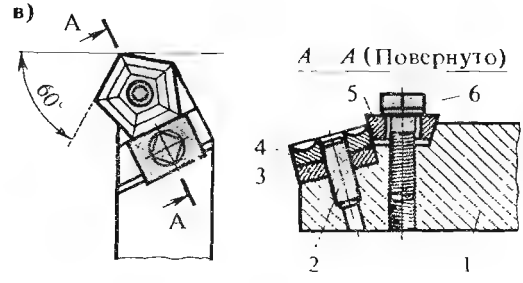


286 РЕЗЦЫ С МНОГОКРОМОЧНЫМИ ПЛАСТИНКАМИ ТВЕРДОГО СПЛАВА:

а — схема использования кромок пластинки; б — общий вид резцов; в — конструкция резца: 1 — державка; 2 — направляющий штифт; 3 — опорная пластинка; 4 — пластинка твердого сплава; 5 — клин; 6 — винт







мочных неперетачиваемых пластинок твердого сплава (рис. 286, *а-в*).

Многокромочную сменную пластинку *4* насаживают отверстием на опорную пластинку *3* и прижимают к державке *1* при помощи клина *5* и винта *6*. Многокромочные пластинки не перетачивают: после износа одной режущей кромки пластинку поворачивают и в работу вступает следующая кромка, а после износа всех кромок пластинку сдают в инструментальную кладовую. Такие резцы выпускаются с шестигранными, пятигранными, четырехгранными и трехгранными пластинками. Геометрия резца: передний угол $\gamma = 10—15°$, задний угол $\alpha = 7 \div 10°$, радиус при вершине $r = 0{,}4 \div 1$ мм, фаска (ленточка) на кромках $f = 0{,}1 \div 0{,}5$ мм.

Резцы с механическим креплением многокромочных неперетачиваемых пластинок экономичны, удобны в работе, обеспечивают надежное дробление стружки и имеют повышенную стойкость по сравнению с напайными резцами.

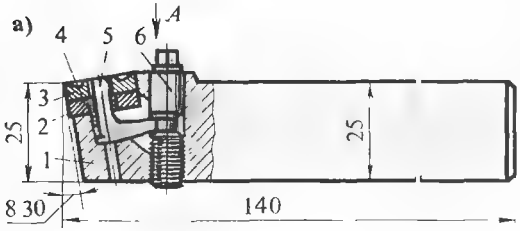
При эксплуатации резцов с неперетачиваемыми многокромочными пластинками необходимо соблюдать следующие рекомендации:

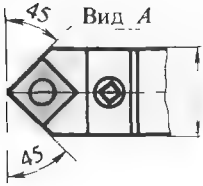
под режущую пластинку подкладывать тонкую медную пластинку или фольгу;

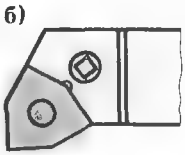
чтобы завивающаяся стружка не изнашивала державку под режущей пластинкой, припаивать

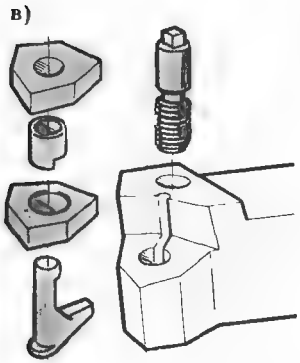
287 ПРОХОДНОЙ РЕЗЕЦ ВАЗ (*а—в*):

1 — державка, 2 — опорная пластинка, 3 — пластинка из твердого сплава, 4 — втулка, 5 — рычаг, 6 — винт



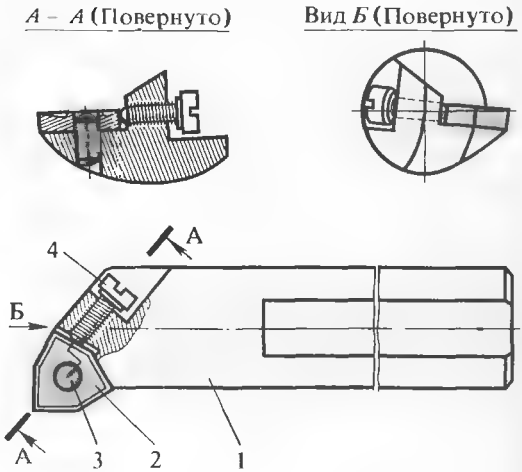






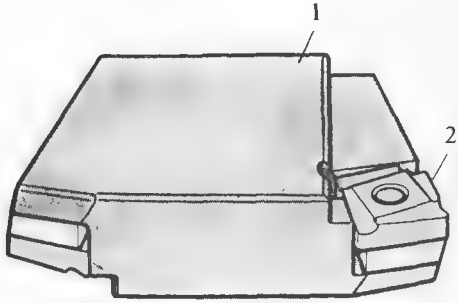
288 РАСТОЧНЫЙ РЕЗЕЦ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ ТРЕХКРОМОЧНОЙ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМОЙ ПЛАСТИНКИ ТВЕРДОГО СПЛАВА:

1 — державка, 2 — пластинка твердого сплава, 3 — штифт, 4 — винт



289 РАСТОЧНАЯ ПЛАСТИНА С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ ЧЕТЫРЕХКРОМОЧНЫХ ПЛАСТИНОК ТВЕРДОГО СПЛАВА:

1 — корпус, 2 — пластинка твердого сплава



к задней поверхности державки дополнительную пластинку из твердого сплава ВК8;

размеры резцов с неперетачиваемыми пластинками принимать в зависимости от вида работы: для обдирочных работ — более крупные;

если после износа всех режущих кромок пластинка не имеет трещин или сколов, использовать ее повторно, подвергнув доводке ленточки на передней поверхности алмазным кругом.

На рис. 287 показан проходной резец конструкции Волжского автомобильного завода (ВАЗ) с креплением пластинки из твердого сплава при помощи рычага. Преимущество такой конструкции заключается в том, что направление силы прижима пластинки совпадает с направ-

лением радиальной силы, возникающей в процессе резания. Это способствует повышению надежности крепления пластинки, устранению вибрации и общему повышению стойкости резца.

На рис. 288 изображен эскиз расточного упорного резца с механическим креплением (горизонтально расположенным винтом) трехкромочной пластинки.

Высокую эффективность растачивания обеспечивают расточные ножи (пластины), оснащенные двумя четырехкромочными пластинками из твердого сплава (рис. 289). Пластинки затачивают комплектно по две алмазными кругами в кассетном приспособлении. В последнее время инструментальной промышленностью освоен выпуск многокромочных пластинок настолько точных, что они вообще не подвергаются абразивной заточке.

§ 92. Резцы со сменными рабочими головками

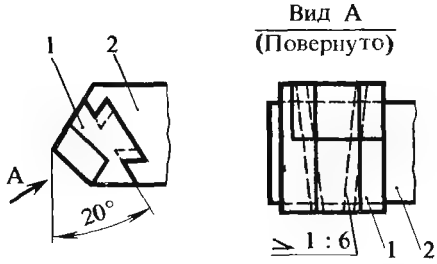
На заводах широко применяют конструкции резцов со сменными рабочими головками: при необходимости заменяется только рабочая головка, а державка из резцедержателя не извлекается. Это сокращает вспомогательное время на замену резцов, облегчает манипулирование резцом при его заточке.

На рис. 290 показана конструкция резца со сменными рабочими головками, которые закрепляются в державке в пазе типа «ласточкин хвост». Головки для проходных, подрезных, прорезных, галтельных резцов изготовляют точным литьем без механической обработки паза «ласточкин хвост». Головка заклинивается в державке под действием силы резания, а извлекают ее при замене легким постукиванием молотком снизу.

На рис. 291 показан сборный отрезной резец со сменным пластинчатым ножом ВНИИ. Пластинчатый двусторонний нож *1* устанавливают в открытом угловом пазу державки *3* и закрепляют сверху при помощи специальной планки *2* и первого винта резцедержателя. Державка дополнительно закрепляется вторым винтом резцедержателя. В один комплект входят державка, планка и 15 сменных ножей с двусторонним расположением пластинок твердого сплава, что заменяет 30 напайных отрезных резцов.

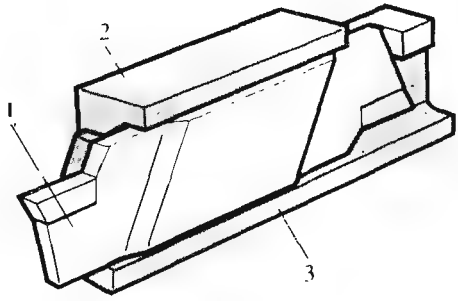
290 РЕЗЕЦ СО СМЕННОЙ РАБОЧЕЙ ГОЛОВКОЙ:

1 — сменная головка; 2 — державка



291 СБОРНЫЙ ОТРЕЗНОЙ РЕЗЕЦ СО СМЕННЫМИ ПЛАСТИНЧАТЫМИ НОЖАМИ:

1 — пластинчатый двусторонний нож; 2 — прижимная планка; 3 — державка



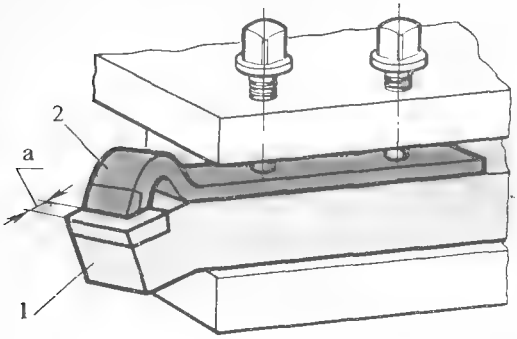
§ 93. Резцы со стружколомателями

При точении стали твердосплавными резцами с высокой скоростью резания отделяется горячая сливная стружка, которая, обвиваясь вокруг заготовки и резца, портит обработанную поверхность; она опасна для рабочего и появление ее вынуждает снижать режимы резания. Такую стружку надо раздробить, что обеспечивается резцами со стружколомателями.

Резцы с накладными или приварными стружколомателями. Простой накладной пружинящий стружколоматель представляет собой планку из закаленной стали, прижимаемую к резцу болтами резцедержателя (рис. 292). Расстояние между режущей кромкой и стружколомающим порогом регулируется передвижением планки. На рабочем месте держат несколько планок-стружколомателей: к резцу подбирают такой стружколоматель, у кото-

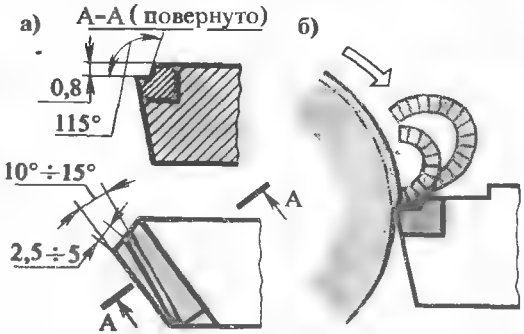
292 НАКЛАДНОЙ СТРУЖКОЛОМАТЕЛЬ:

1 – резец 2 – стружколоматель



293 СТРУЖКОЛОМАЮЩАЯ КАНАВКА НА ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЗЦА:

а – геометрия уступа, б – схема работы резца с уступом



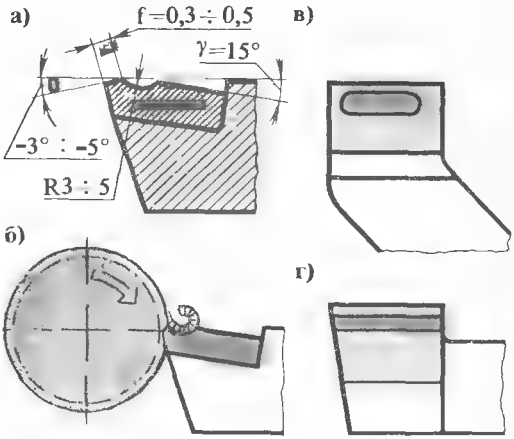
рого рабочая кромка наиболее плотно соприкасается с передней поверхностью резца, иначе стружка, попадая под планку, в зазор между передней поверхностью резца и стружколомателем, будет срывать ее. Если стружка не ломается, а завивается, не доходя до стружколомающего порога, то стружколоматель приближают к режущей кромке или увеличивают подачу (в пределах допускаемой по условиям шероховатости обрабатываемой поверхности).

Резцы со стружколомающим уступом или канавкой. Стружколомающий уступ или канавку (лунку) (рис. 293, *а*, *б* и 294, *а-г*) получают заточкой на передней поверхности твердосплавной пластинки алмазным кругом (см. табл. 20).

При каждой переточке резца восстанавливают стружколомающий уступ или канавку (лунку).

294 СТРУЖКОЛОМАЮЩИЙ УСТУП НА ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЗЦА:

а – геометрия канавки, б – схема работы резца с канавкой: канавки в – замкнутая (лунка), г – сквозная



Контрольные вопросы

1. **Какие требования предъявляются к инструментальным материалам?**
2. **Перечислите основные марки и свойства быстрорежущих инструментальных сталей.**
3. **Назовите основные марки твердых сплавов для обработки чугуна и стали.**
4. **Какие части и элементы имеет токарный резец?**
5. **Назовите углы резца в плане и в главной секущей плоскости.**
6. **От каких факторов зависит выбор величины заднего угла?**
7. **В каких случаях применяют резец с отрицательным передним углом?**
8. **Как влияет установка резца относительно центра на углы резца?**
9. **Что такое угол наклона режущей кромки и в каких случаях его принимают с положительным значением?**
10. **Какие преимущества имеет алмазная заточка и доводка резцов?**
11. **Как контролируют геометрию резца?**
12. **Какие преимущества имеют резцы с механическим креплением многокромочных неперетачиваемых пластинок твердого сплава?**

Глава XVIII
Основные законы резания металлов при точении

§ 94. Износ и стойкость резцов

На передней поверхности стружка «вырабатывает» углубление (лунку) глубиной $h_л$. При дальнейшем износе лунка увеличивается и может дойти до режущей кромки, вызвав ее разрушение. Однако практически такое разрушение кромки маловероятно, так как инструмент перетачивают раньше из-за износа по задней поверхности. Лунка, увеличивая передний угол резца, облегчает процесс резания и относительно даже полезна.

Трение по поверхности резания приводит к износу задней поверхности резца: здесь образуется площадка, характеризуемая высотой $h_з$ (рис. 295, *а*). Чем больше высота площадки, тем больше трение, соответственно больше нагрев и быстрее протекает дальнейший износ: размер площадки увеличивается, и это вновь приводит к ускорению нагрева и истирания инструмента. Такой быстрый рост износа по задней поверхности является опасным для резца, так как может привести к разрушению режущей кромки. Износ резца допускается только в определенных пределах (допускаемый износ). Другие виды износа показаны на рис. 295, *б*, *в*.

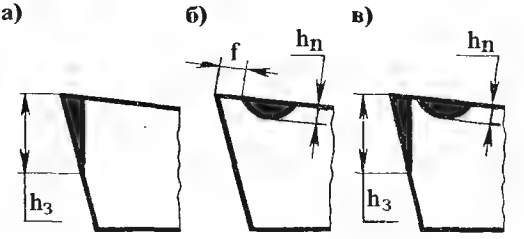
Износ объясняется двумя причинами:

первая — непосредственным царапанием твердыми частицами обрабатываемого металла поверхности инструмента. Такой износ называется а б р а з и в н ы м. Он характерен для обработки чугуна, который обладает абразивной способностью — твердыми кристаллами карбидов интенсивно истирает поверхность инструмента;

вторая — при нагреве поверхности инструмента «размягчившиеся» частички металла прилипают к сходящей стружке и к поверхности резания. Этому прилипанию («адгезии») способствует высокое давление между трущимися поверхностями. Чем выше нагрев, тем интенсивнее протекает прилипание и износ инструментов из-за выноса частичек металла инструмента. Такой вид износа часто называют т е п л о в ы м. Он характерен для обработки стали и других вязких металлов.

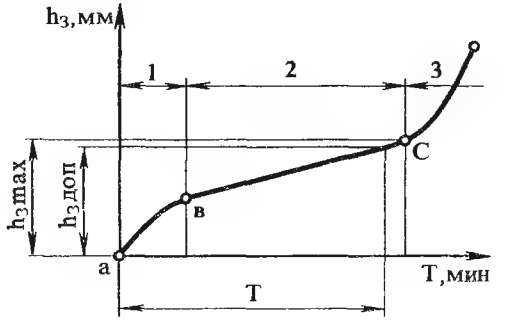
295 СХЕМА ИЗНОСА РЕЗЦОВ:

а — по задней поверхности, б — по передней поверхности, в — по задней и передней поверхностям



296 ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ ИЗНОСА ПО ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ РЕЗЦА:

зоны 1 — приработки, 2 — нормального износа, 3 — разрушения, Т — период стойкости резца



Резец изнашивается неравномерно. В первые минуты работы инструмента быстро истираются шероховатости на режущей кромке и обезуглероженный в процессе закалки тонкий слой. Это так называемый п р и р а б о т о ч н ы й и з н о с.

Если изобразить процесс износа графически (рис. 296), откладывая по горизонтальной оси время работы инструмента T, а по вертикальной — величину износа $h_з$ по задней поверхности, то приработочный износ будет представлять собой линию от *а* до *в* (зона *1*).

Затем наступает период н о р м а л ь н о г о и з н о с а: с течением времени высота площадки $h_з$ равномерно растет (зона *2*). Когда эта

высота достигает определенной максимальной величины $h_{з.\,макс}$, дальнейший перегрев резца вызовет резкое увеличение высоты площадки и разрушение режущей кромки (на графике линия износа идет круто вверх — зона *3*).

Чтобы не допустить аварийного разрушения кромки резца, его перетачивают раньше, т. е. когда величина износа составит определенную допускаемую оптимальную величину $h_{з.\,доп}$.

Нормативные величины допускаемого износа приводятся в справочниках. Например, для проходного твердосплавного резца сечением 16×25 мм допускаемый износ $h_{з.\,доп}=2$ мм по стали и $h_{з.\,доп}=4$ мм по чугуну; для чистовых проходных, отрезных и резьбовых резцов $h_{з.\,доп}=0{,}5$ мм и т. д. (рис. 297).

Время работы инструмента до износа на величину $h_{з.\,доп}$ называется **периодом стойкости** (стойкостью) T мин. Иначе говоря, **стойкостью** называется машинное время работы резца до переточки. Переточка инструмента при износе на заданную допускаемую величину $h_{з.\,доп}$ называется **принудительной переточкой**. Она обеспечивает правильную эксплуатацию режущего инструмента.

Непосредственный контроль величины износа $h_з$ при помощи оптического прибора осуществляют в лабораториях, а на производстве применяют другие способы оценки состояния инструмента (так называемые критерии износа).

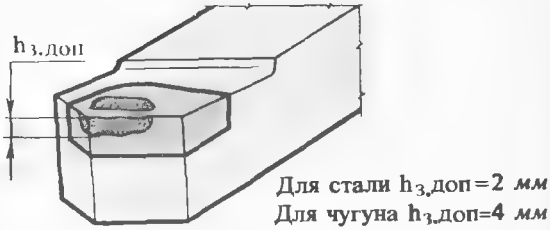
В качестве критерия износа может служить показание стрелки амперметра, включенного в цепь якоря мотора. Современные станки (например, 16К20, 1К62, 1А616) имеют на электрическом щите амперметр. При повышенном износе инструмента резко возрастает расходуемая мощность на процесс резания.

Критерием износа может быть также появление на обработанной поверхности блестящей желтой полоски.

В серийном и массовом производстве предварительно устанавливают, сколько заготовок должно быть изготовлено до износа инструмента на допускаемую величину, и после обработки установленного количества заготовок снимают инструмент для переточки. Оценка износа инструмента по количеству обработанных заготовок называется **технологическим критерием**.

Стойкость режущего инструмента зависит от многих факторов: от материала инструмента, обрабатываемого материала, геометрии инструмента, режимов резания, качества СОЖ

297 НОРМЫ ДОПУСКАЕМОГО ИЗНОСА ДЛЯ ПРОХОДНОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЗЦА



и др. Наибольшее влияние на стойкость оказывает скорость резания. Чем она выше, тем больше энергии расходуется на процесс резания, больше выделяется тепла, интенсивнее происходит износ трущихся поверхностей (тепловой и абразивный) и тем меньше период стойкости.

Доказано, что **небольшое приращение скорости резания вызывает значительное изменение стойкости резца**. Например, если скорость резания при работе твердосплавным резцом увеличится в два раза, то стойкость резца уменьшится в 32 раза.

Повышение стойкости против нормативной потребует снижения скорости резания, а значит, и производительности, что в свою очередь ведет к росту себестоимости изделия.

§ 95. Выбор скорости резания

Скорость резания, при которой себестоимость изготовляемых деталей является минимальной, называется **экономической скоростью резания** (табл. 18). Стойкость инструмента, соответствующая экономической скорости резания, называется **экономической стойкостью** $T_{эк}$ (табл. 19).

Рациональная эксплуатация режущих инструментов заключается в назначении таких режимов резания, при которых инструмент выдерживал бы заданную норму экономической стойкости. На основании экспериментов выведена формула для расчета скорости резания (м/мин) при различных условиях обработки:

$$v=\frac{C_v}{T^m t^x s^y}K_{общ},$$

где C_v — коэффициент, зависящий от вида обработки и обрабатываемого материала (приложение 4); T — заданная стойкость инструмента, мин; m — показатель относительной стойкости ($m = 0{,}125$ — для резцов из быстрорежущей стали, $m = 0{,}2$ — для твердосплавных резцов); t — глубина резания, мм; s — величина подачи, мм/об; x_v — дробный показатель степени при глубине резания; y_v — дробный показатель степени при подаче; $K_{общ}$ — общий поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия работы.

В зависимости от вида обработки и обрабатываемого материала формулу скорости резания уточняют по справочникам. Например для резцов, оснащенных пластинками сплава Т15К6 (при $s = 0{,}75$ мм/об), формула имеет вид

$$v = \frac{C_v}{T^{0,2}\, t^{0,15}\, s^{0,35}} K_{общ}.$$

Коэффициент C_v принимается в зависимости от обрабатываемого материала и от угла φ резца по справочнику. Чем меньше угол φ, тем большая длина режущей кромки участвует в работе, тем лучше отвод тепла от головки резца в державку, выше стойкость и возможно увеличение скорости резания (см. рис. 276).

$$K_{общ} = K_{мv} \cdot K_{qv} \cdot K_{сож v}$$

где $K_{мv}$ — коэффициент, учитывающий механические свойства обрабатываемого материала: *с увеличением предела прочности коэффициент уменьшается* (приложение 4);

K_{qv} — коэффициент, учитывающий (только для быстрорежущих резцов) сечение державки резца: при большем сечении державки коэффициент увеличивается (приложение 4);

$K_{сож v}$ — коэффициент, зависящий от качества смазочно-охлаждающей жидкости (только для быстрорежущих резцов) чем лучше охлаждается резец, тем выше коэффициент (*приложение 4*).

Глубина резания t стоит в знаменателе формулы: это означает, *что с увеличением площади сечения стружки* увеличивается сила, действующая на резец, и расходуемая мощность резания, соответственно растет теплота резания, вызывающая размягчение и износ резца. Чтобы сохранить заданную стойкость, уменьшают скорость резания. Дробный показатель указывает на двойственное влияние глубины резания: увеличение глубины резания *хотя и вызывает повышение теплоты резания*, но благодаря увеличению рабочей длины режущей кромки улучшает отвод тепла от резца.

Величина подачи s находится в знаменателе формулы: это означает, что с увеличением подачи также растет площадь сечения среза и соответственно падает стойкость резца. Дробный показатель степени объясняется тем, что с увеличением подачи уменьшается активность теплоотдачи от заготовки к резцу.

Показатель степени при глубине резания всегда меньше, чем показатель степени при подаче, т. е. $X_v < Y_v$. Отсюда следует важный закон резания: *при точении для повышения скорости резания при неизменной стойкости или для повышения стойкости при неизменной скорости резания следует увеличить глубину резания, соответственно уменьшая подачу.*

Таблица 18

Средние значения экономической скорости резания для различных инструментов

Инструмент	Обрабатываемый материал	Скорость резания, м/мин
Быстрорежущий резец Р9К5	Сталь	15—50
Твердосплавный резец Т15К6	Сталь	100—350
Твердосплавный резец ВК8	Чугун серый	50—200
Алмазный резец	Бронза	500—800
Быстрорежущее сверло $d = 20 \div 60$ мм	Сталь	10—55
Твердосплавное сверло (ВК8) $d = 8 \div 30$ мм	Чугун серый	50—100
Быстрорежущий зенкер $d = 36 \div 80$ мм	Сталь	10—40
Твердосплавный зенкер (ВК8) $d = 14 \div 80$ мм	Чугун серый	50—175
Быстрорежущая развертка $d = 21 \div 80$ мм	Сталь	2—15

Таблица 19

Средние значения экономической стойкости режущих инструментов

Наименование инструментов	Стойкость, мин
Быстрорежущие проходные резцы	30—60
Твердосплавные проходные резцы	60—90
Отрезные и резьбовые резцы	20—60
Сверла $d = 5 \div 60$ мм быстрорежущие при обработке стали	15—140
Сверла $d = 5 \div 60$ мм быстрорежущие при обработке серого чугуна	20—170
Сверла твердосплавные (ВК8) при обработке чугуна	40—80
Зенкеры	30—100
Развертки из инструментальной стали при обработке стали	40—120
Развертки из инструментальной стали при обработке чугуна	60—80
Развертки твердосплавные при обработке стали	23—180
Развертки твердосплавные при обработке чугуна	30—240

§ 96. Смазочно-охлаждающие жидкости

Выбор смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) зависит от вида обработки (черновая или чистовая), свойств обрабатываемого материала, скорости и глубины резания, вида стружки, требований к качеству обработанной поверхности и т. д.

Смазочно-охлаждающие жидкости делятся на две группы.

К первой группе относятся жидкости, которые выполняют главным образом охлаждающее действие. Сюда входят водные растворы соды или мыла, водные эмульсии и другие составы, характеризуемые большой теплопроводностью.

Ко второй группе относятся жидкости, выполняющие главным образом смазывающее действие, т. е. обладающие большой смазывающей способностью. Сюда относятся минеральные масла и их смеси, сульфофрезол (осерненное минеральное масло), масла с добавкой дисульфида молибдена и др. СОЖ второй группы применяется при работе на станках-автоматах, а также при работе чистовыми многокромочными инструментами (фасонными резцами, развертками, метчиками, плашками, резьбонарезными и резьбонакатными головками).

При обработке чугунных заготовок применяют охлаждение керосином со скипидаром или содовой эмульсией. В отдельных случаях чугун и другие хрупкие материалы обрабатывают без охлаждения.

Смазочно-охлаждающая жидкость подводится в зону резания следующими способами:

свободной струей (рис. 298, *а*). Жидкость нагнетается из резервуара станка насосом и через систему шлангов и направляющее сопло подается в зону резания (на стружку в место ее загиба).

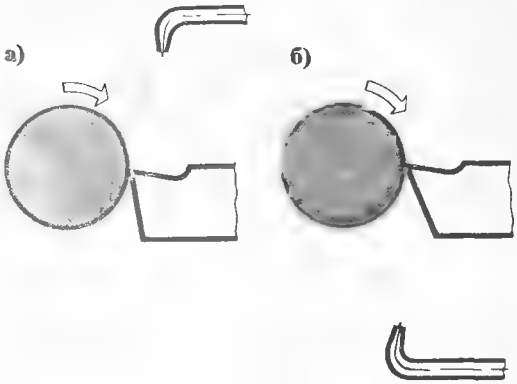
высоконапорной струей (рис. 298, *б*). Жидкость подается со стороны задней поверхности резца через отверстие малого диаметра сопла (0,2 - 0,4 мм) под давлением 20 24 ат. При таких условиях жидкость интенсивно проникает в зону стружкообразования и, быстро испаряясь, отводит больше тепла, чем жидкость, подаваемая свободной струей;

в распыленном состоянии при помощи специальной установки (рис. 299).

Сжатый воздух из воздушной магистрали (давление 4 6 ат) поступает в редуктор *6*, который

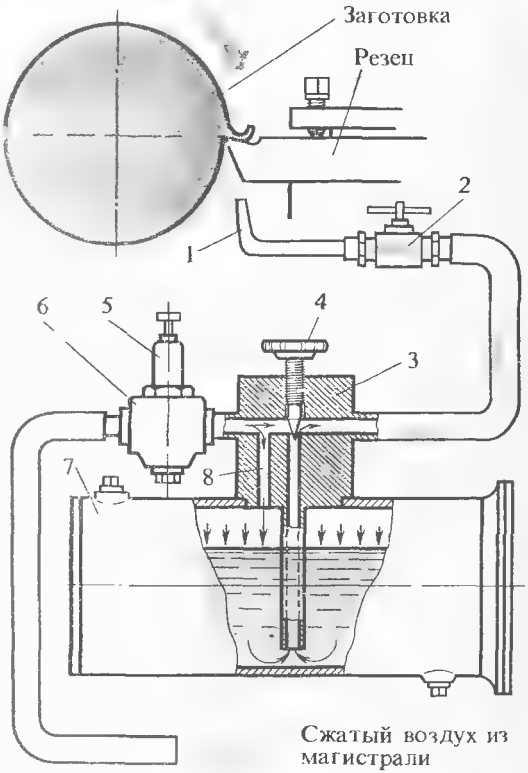
298 СПОСОБЫ ПОДВОДА ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ:

а - свободной струей б высоконапорной струей



299 СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ РАСПЫЛЕННОЙ ЭМУЛЬСИЕЙ:

1 сопло 2 стопорный кран, 3 инжектор 4 вентиль 5 запорный кран 6 редуктор 7 бачок 8 обратный трубопровод



понижает давление воздуха до 2—4,5 ат. Далее сжатый воздух поступает одновременно в инжектор *3* и в верхнюю часть бачка *7* с эмульсией. Под действием давления воздуха эмульсия поднимается по главному трубопроводу в центральный канал инжектора, где распыляется воздухом, поступающим в кольцевой канал инжектора. Затем через стопорный кран *2* из сопла *1* распыленная эмульсия («туман») подается в зону резания со стороны задней поверхности инструмента.

При охлаждении распыленной эмульсией наиболее эффективно используются охлаждающие и смазывающие свойства применяемых жидкостей. Эмульсия подается в зону резания со скоростью до 300 м/с, что обеспечивает интенсивный отвод тепла от резца, заготовки и стружки. При этом способе подачи СОЖ стойкость инструмента из быстрорежущей стали повышается в 1,5—2 раза по сравнению с поливом свободной струей.

Использованная смазочно-охлаждающая жидкость попадает в корыто станка и далее через сито и фильтр вновь направляется в резервуар. Очистка (регенерация) жидкости позволяет использовать ее многократно.

§ 97. Тонкое (алмазное) точение

Сущность тонкого точения заключается в срезании с поверхности заготовки тончайших стружек, что обеспечивает высокую точность (2а, 2 и 1-й классы) и малую (до седьмого класса) шероховатость поверхности. Припуск под тонкое точение составляет 0,1—0,2 мм. Тонкое точение иногда называют алмазным, потому что наибольший эффект по производительности, стойкости инструмента и качеству обработки дают резцы, оснащенные кристаллами естественного алмаза (рис. 300, *а*—*в*). Для этой цели используют кристаллы массой около 0,6 карата, которые крепят в державке механическим способом (прижим планкой) или впаивают в державку. Кристалл алмаза проходит огранку (шлифование плоскостей алмазным порошком) для получения требуемой геометрии (табл. 20).

Алмазными резцами обрабатывают главным образом цветные металлы (медь, алюминий), легкие сплавы (сплавы алюминия, латунь, баббит) и пластмассы. Возможно алмазное точение

300 АЛМАЗНЫЕ РЕЗЦЫ:

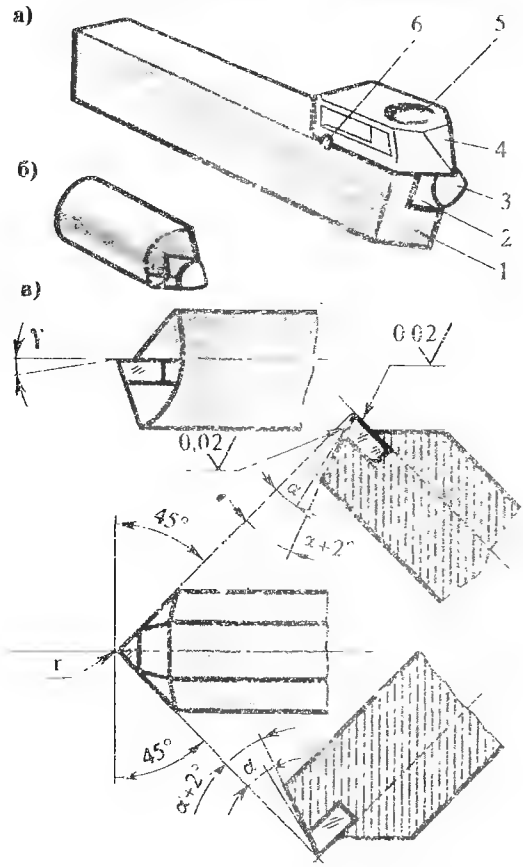


Таблица 20

Геометрия алмазного резца

Геометрические параметры режущей части			Назначения
	α	r, мм	
6°	12°	0,5—0,6	Обработка [illegible]
8°	8°	0,6—1,5	Обработка [illegible]

отливок из качественных чугунов (без раковин). Для тонкого точения стали алмазы не применяют, так как высокая температура в зоне резания приводит к потере алмазом режущих свойств. Рекомендуемые режимы резания при алмазном точении приведены в табл. 21.

Для тонкого точения стали и высокопрочного чугуна применяют резцы, оснащенные кристаллами кубического нитрида бора («Эльбор-Р», кубонит).

Тонкое точение выполняют также резцами, оснащенными пластинками твердых сплавов ВК3, ВК3М (обработка чугуна), Т30К4 (обработка стали) и минералокерамическими.

Геометрия резца для тонкого точения и режимы резания в зависимости от обрабатываемого материала и условий обработки принимаются по справочнику. Твердосплавный резец для тонкого точения тщательно доводят на алмазном доводочном круге, качество доводки контролируют при помощи лупы пятикратного увеличения.

Станки для алмазной обработки (наружного точения или растачивания) отличаются высокой жесткостью, быстроходностью и точностью подшипникового узла (допуск на радиальное биение шпинделя до 0,005 мм). Этим требованиям удовлетворяет, например, станок 1И611П.

§ 98. Силы, действующие на резец

Обрабатываемый материал сопротивляется срезанию (скалыванию), и на резец действует сила сопротивления резанию (давление стружки). Эта сила складывается из силы сопротивления металла разрыву в момент скалывания, силы сопротивления стружки завиванию и силы трения на рабочих поверхностях резца.

Сила сопротивления резанию (рис. 301) направлена перпендикулярно передней поверхности резца. Положение передней поверхности резца в пространстве зависит от сочетаний переднего угла γ и угла наклона режущей кромки λ (число сочетаний безгранично), поэтому направление действия сопротивления резанию R (направление вектора силы) неопределенно.

Для облегчения изучения и измерения силы сопротивления резанию принято рассматривать не саму силу сопротивления, а ее проекции на три выбранные оси. Эти проекции называются составляющими силы сопротивления резанию.

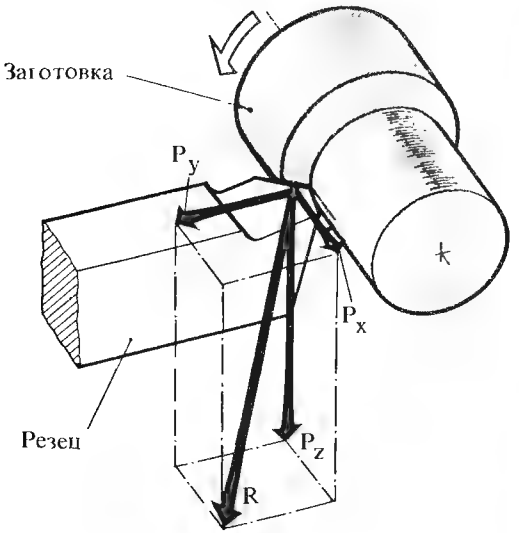
Вертикальная составляющая, или сила резания, P_z, действует вертикально вниз, т. е. лежит в плоскости резания (ее вектор совпадает с вектором скорости реза-

Таблица 21

Рекомендуемые режимы резания

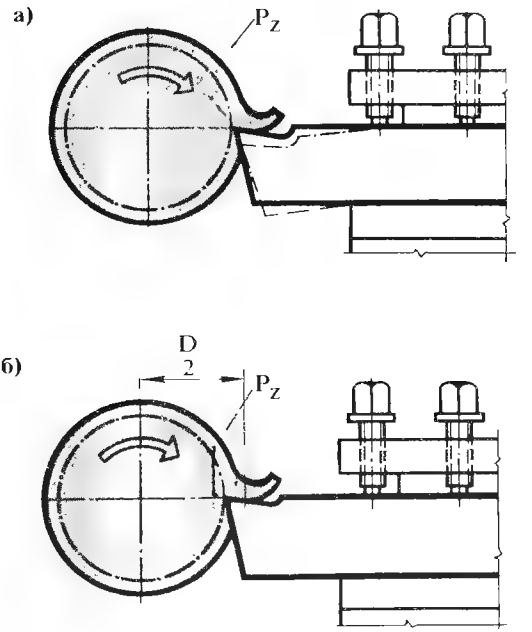
Обрабатываемый материал	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин
Алмазное точение			
Медь	0,02–0,3	0,01–0,06	350–500
Алюминий и его сплавы	0,01–0,15	0,01–0,10	400–500
Латунь	0,03–0,06	0,02–0,10	400–500
Баббит	0,05–0,15	0,02–0,10	400–500
Пластмассы	0,05–0,30	0,03–0,06	500–700
Тонкое точение резцами, оснащенными кристаллами из «Эльбора-Р», кубонита			
Закаленные стали HRC40-65	0,1–0,3	0,02–0,07	60–100
Высокопрочные чугуны	0,01–0,25	0,05–0,08	250–300

301 СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА РЕЗЕЦ



302 ДЕЙСТВИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ:

а — прогиб резца, б — образование момента резания



ния). Сила резания P_z стремится согнуть, сломать резец (рис. 302, *а*), поэтому расчет резца на прочность ведут по силе P_z. Реактивная сила P_z^1, действующая со стороны резца на заготовку, препятствует вращению заготовки, создавая момент резания:

$$M_{рез} = \frac{P_z D}{2} \text{ кГ} \cdot \text{мм, или } M_{рез} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

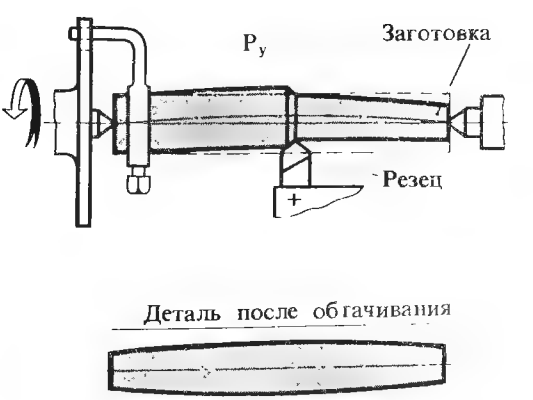
(если P_z выражено в ньютонах, а диаметр в метрах)

На преодоление его расходуется крутящий момент, прикладываемый к шпинделю станка от электродвигателя (рис. 302, *б*).

Горизонтальная составляющая осевая сила, или сила подачи, P_x направлена в сторону, противоположную направлению подачи, и препятствует движению подачи. По этой силе рассчитывают механизм подачи станка.

Вторая горизонтальная составляющая, или радиальная, сила P_y направлена вдоль оси резца, отжимает резец от заготовки и воспринимается болтами резцедержателя. Реактивная сила P_y^1 отжимает заготовку (рис. 303). По силе P_y рассчитывают жесткость крепления заготовки, определяют, необходима ли установка люнета.

303 ОТЖИМ ЗАГОТОВКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАДИАЛЬНОЙ СИЛЫ P_y



Силы P_z, P_x и P_y взаимно перпендикулярны. Суммарная сила сопротивления резанию является их геометрической суммой: по величине и направлению она равна диагонали прямоугольного параллелепипеда, построенного на этих силах как на сторонах (см. рис. 302).

Наибольшую величину имеет сила P_z. При остро заточенном резце примерное соотношение сил $P_z : P_y : P_x = 1 : 0{,}4 : 0{,}25$. Соотношение сил P_x и P_y зависит от величины главного угла в плане φ: чем больше угол φ, тем меньше сила P_y (рис. 304,*а — в*). Проходные упорные резцы с углом φ = 90° работают, не создавая отжимающей силы, поэтому их применяют для обтачивания нежестких заготовок.

Определение силы резания P_z. Сила резания зависит в первую очередь от обрабатываемого материала; чем тверже обрабатываемый материал, чем выше его механическая прочность (характеризуемая пределом прочности $\sigma_в$ и твердостью НВ), тем выше сопротивление резанию, тем больше сила резания. На силу резания влияет также площадь среза $F = tS$ мм², т. е. глубина резания t и подача s.

В первом приближении формулу для определения силы резания можно записать в таком виде:

$$P_z = C_p t S^{0,75} \text{ (Н)},$$

где C_p — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала (приложение 4). Глубина резания и подача неодинаково влияют на силу резания: влияние подачи несколько меньше, чем влияние глубины резания. Математически это выражается дробным показателем степени 0,75 при подаче.

Физически меньшее влияние подачи, чем глубины резания на силу резания, объясняется тем, что с увеличением подачи увеличивающаяся толщина стружки делает ее более жесткой, менее подверженной завиванию; значит, на завивание стружки расходуется меньше силы, прикладываемой со стороны передней поверхности резца к срезаемому слою.

Если увеличить глубину резания в два раза, то сила резания также увеличится в два раза, а если увеличить подачу в два раза, то сила резания увеличится в $2^{0,75}$ раза, т. е. в 1,68 раза (на 68%). Отсюда следует важный закон резания: *для уменьшения расходуемой мощности при неизменной производительности резца следует увеличить подачу, соответственно уменьшив глубину резания.*

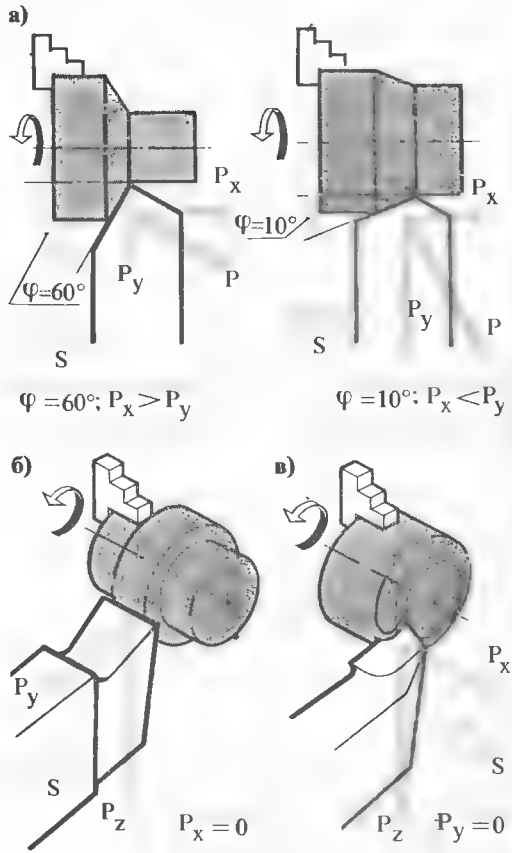
Более точно силу резания можно определить, учитывая конкретные условия резания, т. е. ввести в формулу некоторые поправочные коэффициенты

$$P_z = C_p t S^{0,75} K_{Mp} K_{\gamma p} K_{сож p_z} \text{ (Н)},$$

где K_{Mp_z} — коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого металла. Чем выше предел прочности $\sigma_в$ или твердость НВ обрабатываемого металла, тем большее сопротивление резанию он оказывает; растет так называемое удельное давление резания, т. е. сила сопротивления резанию, приходящаяся на 1 мм² сечения стружки. С увеличением предела прочности и твердости увеличивается

304 ЗАВИСИМОСТЬ ОСЕВОЙ И РАДИАЛЬНОЙ СИЛ ОТ ГЛАВНОГО УГЛА В ПЛАНЕ:

а — соотношение сил P_z и P_y при φ = 60° и φ = 10° (работа проходного резца), б — работа отрезного резца (φ = 90°), в — работа упорного резца (φ = 90°)



и поправочный коэффициент (см. приложение), $K_{\gamma p_z}$, зависящий от переднего угла резца. Чем больше передний угол, тем легче условия схода стружки, уменьшается ее деформация, поэтому с увеличением переднего угла коэффициент уменьшается. При работе с отрицательными передними углами стружка круто загибается, ее деформация вызывает дополнительное сопротивление и сила P_z увеличивается, что и отражается увеличением коэффициента $K_{\gamma p_z}$ (см. приложение). $K_{сож p_z}$ — коэффициент, зависящий от свойств смазочно-охлаждающей жидкости. Чем лучше эти свойства, тем меньше трение на рабочих поверхностях резца, тем меньше сила резания (см. приложение).

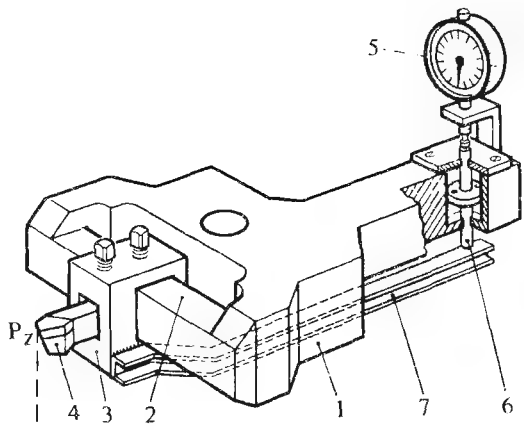
Числовые значения коэффициентов K_{Mp_z}, $K_{\gamma p_z}$, $K_{сож p_z}$ приводятся в справочниках.

Измерение сил, действующих на резец. С целью установления влияния геометрии резца, режимов резания, механических свойств обрабатываемого металла, эффективности СОЖ и других факторов на силы P_z, P_x и P_y выполняют непосредственное измерение этих сил при помощи динамометра. Динамометр устанавливают на суппорте станка и в нем, как в резцедержателе, закрепляют резец, которым ведут обтачивание.

Рычажный динамометр для определения силы P_z в производственных условиях показан на рис. 305. В передней части корпуса *1* находится брус *2* квадратного сечения с державкой *3*, в которую закрепляют резец *4*. На втором конце корпуса в цилиндрическом отверстии движется стержень *6*. На корпусе укреплен индикатор *5*, наконечник которого упирается в стержень *6*, а стержень — в планку *7*, приваренную к державке *3*. Под действием силы резания P_z резец наклоняется вниз, закручивая брус *2*. Противоположный конец планки *7*, поднимаясь вверх, толкает стержень *6* и через него штифт индикатора. Перемещение стрелки индикатора пропорционально деформации бруса, а следовательно, и силе резания P_z.

305 РЫЧАЖНЫЙ ТОКАРНЫЙ ДИНАМОМЕТР:

1 — корпус; 2 — брус; 3 — державка; 4 — резец; 5 — индикатор; 6 — стержень; 7 — планка



§ 99. Мощность резания и крутящий момент на шпинделе

Мощность, затрачиваемая на процесс резания (эффективная мощность), равна мощности, затрачиваемой на главное движение резания — вращение шпинделя. Эта мощность определяется по формуле:

$$N_{эф} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 102} \text{ кВт.}$$

Не вся мощность, создаваемая электродвигателем, расходуется на процесс резания, т. е. является эффективной; имеются потери мощности в ременной передаче, в подшипниках валов, в зубчатых передачах. Поэтому для определения потребной мощности электродвигателя учитывают коэффициент полезного действия (к.п.д.) всей кинематической цепи станка (он составляет обычно 0,7 ... 0,85).

$$N_{дв} = \frac{N_{эф}}{\eta} \text{ кВт, где } \eta \text{ — к.п.д.}$$

Задача. Определить, достаточна ли мощность станка 16К20 ($N = 10$ кВт, $\eta = 0,8$) для наружного обтачивания валика из конструкционной стали $\sigma_в = 85$ кГ/мм², резцом из быстрорежущей стали Р6М5 ($\varphi = 45°$, $\varphi_1 = 10°$) при режимах резания: $t = 6$ мм, $s = 0,5$ мм/об, $v = 30$ м/мин; охлаждение — минеральным маслом.

Решение: определяем коэффициенты по таблицам приложения 4: $C_{P_z} = 180$, $K_{Mp_z} = 1,28$, $K_{\gamma p_z} = 1,03$, $K_{сож\ z} = 0,95$; определяем значение $s^{0,75}$: $0,5^{0,75} = 0,6$, определяем силу резания P_z:

$$P_z = 180 \cdot 6 \cdot 0,6 \cdot 1,28 \cdot 1,03 \cdot 0,95 = 780 \text{ кГ} \approx 7800 \text{Н};$$

определяем эффективную мощность:

$$N_{эф} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 102} = \frac{780 \cdot 30}{60 \cdot 102} = 3,45 \text{ кВт;}$$

определяем потребную мощность электродвигателя:

$$N_{дв} = \frac{N_{эф}}{\eta} = \frac{3,45}{0,8} = 5,1 \text{ кВт,}$$

$5,1 < 10$, мощность электродвигателя станка достаточна.

Для нормального резания крутящий момент на шпинделе, создаваемый электродвигателем, должен преодолевать момент силы резания P_z, т. е. должно соблюдаться условие

$$M_{рез} = \frac{P_z^1 D}{2} \text{ (кГ·мм) или } M_{рез} = \frac{P_z^1 D}{2 \cdot 100} \text{ (Н·м)}$$

Из механики известно, что крутящий момент на валу связан с мощностью, передаваемой на вал $N_{эф}$ (в данном случае на шпиндель), и частотой вращения вала n,

$$M_{шп} = 974\,000 \frac{N_{эф}}{n} \text{ кГ·мм} = 9740 \frac{N_{эф}}{n} \text{ Н·м.}$$

Для нормальной работы станка должно соблюдаться условие:

$$974\,000 \frac{N_{дв}\eta}{n} \geqslant \frac{P_z D}{2}.$$

Допускаемый крутящий момент на шпинделе ограничен прочностью слабого звена привода главного движения. Таким слабым звеном может быть ременная передача или одно из зубчатых колес коробки скоростей. Ограничивает крутящий момент на шпинделе и мощность электродвигателя. Поэтому режимы резания проверяют по допускаемому крутящему моменту, значение которого для всех частот вращения приводится в паспорте станка.

§ 100. Выбор рациональных режимов резания

Токарная обработка, как и всякая другая, должна вестись на таких режимах, при которых наиболее полно используются мощность станка и стойкость инструмента, обеспечивается высокое качество обработки при минимальной ее себестоимости и создаются безопасные условия работы. Такие режимы называются р а ц и о н а л ь н ы м и. Рациональные режимы резания принимаются по справочным таблицам, данные которых определены по формулам теории резания с учетом обобщенного опыта передовых предприятий.

П р и м е р о п р е д е л е н и я р а ц и о н а л ь н ы х р е ж и м о в р е з а н и я с п о м о щ ь ю с п р а в о ч н ы х т а б л и ц. Исходные данные: обрабатываемая заготовка - валик $D = 80$ мм, материал - сталь 45, $\sigma_в = 85$ кГ/мм², резец прямой проходной, оснащенный пластинкой из твердого сплава Т5К10, параметры $\varphi = 60°$, $\varphi_1 = 30°$, $r = 1{,}0$ мм, сечение 16×25, заданная стойкость 60 мин, припуск на обработку 3 мм, допускается пятый класс шероховатости поверхности. Станок 16К20 ($N_{дв} = 10$ кВт, $\eta = 0{,}8$).

Последовательность определения режимов резания:

1. Назначаем глубину резания. Учитывая, что требуемая шероховатость поверхности невысокая, снимаем припуск за один проход: $t = 3$ мм.
2. Из «Справочника молодого токаря» (табл. 50) выписываем подачу, обеспечивающую пятый класс шероховатости: $S = 0{,}3 \div 0{,}45$ мм/об. Принимаем имеющееся в паспорте станка (см. приложение) значение $S = 0{,}4$ мм/об.
3. В «Справочнике молодого токаря» (табл. 53) находим значение скорости резания. При глубине резания $t = 3$ мм и подаче 0,3 мм/об $v_{табл.} = 198$ м/мин, а при подаче 0,5 мм/об $v_{табл} = 166$ м/мин. Принимаем среднее значение для подачи 0,4 мм/об: $v_{табл.} = 182$ м/мин, по табл. 55 справочника находим поправочный коэффициент для $\sigma_в = 80$ кГ/мм²: $K_{Mv} = 0{,}88$.

Оптимальная скорость резания определяется из произведения:

$$v = v_{табл} K_{Mv} = 182 \cdot 0{,}88 = 160 \text{ м/мин.}$$

4. Определяем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 160}{\pi \cdot 80} = 634 \text{ об/мин.}$$

Уточняем по паспортным данным станка (см приложение 3):

$$n_{факт} = 630 \text{ об/мин.}$$

Контрольные вопросы

1. **Как происходит и чем объясняется износ резца?**
2. **Как зависит стойкость инструмента от скорости резания?**
3. **Как влияет на скорость резания главный угол в плане φ?**
4. **Почему увеличение глубины резания меньше влияет на падение стойкости инструмента, чем увеличение подачи?**
5. **Как влияют на скорость резания механические свойства обрабатываемого материала, размеры сечения державки и смазочно-охлаждающая жидкость?**
6. **На какие составляющие разделяется сила сопротивления резанию, каково их соотношение?**
7. **Напишите формулу силы резания, поясните влияние глубины резания и подачи на силу резания.**

Токарная обработка заготовок типовых деталей

Часть пятая

Глава XIX
Технологические процессы токарной обработки заготовок некоторых типовых деталей

§ 101. Классификация деталей, заготовки которых обрабатываются на токарных станках

Согласно единой классификации изделий*, все детали, заготовки которых обрабатываются на токарных станках, можно подразделить на симметричные (тела вращения) и несимметричные (рис. 306, *а* — *з*).

К симметричным деталям относятся:

детали класса круглые стержни, характеризуемые отношением длины к диаметру больше 3. К ним относятся: валы (гладкие и ступенчатые), валы с резьбой или со шлицами, валы с коническими или фасонными участками, валы с осевыми отверстиями (типа шпинделей), пальцы, оси, штоки, штыри и т. д. Отдельно можно выделить нежесткие валы (например, ходовой вал токарного станка) и тяжелые валы (например, колонны прессов, валы турбин, прокатные валки);

детали класса полые цилиндры, характеризуемые наличием осевого отверстия и отношением длины к наружному диаметру $\frac{l}{d} < 3$. К ним относятся: втулки, стаканы, тонкостенные втулки (гильзы) и т. д. Отдельно можно выделить крупные цилиндры и обечайки;

детали класса дисков, характеризуемые отношением длины к диаметру $\frac{l}{d} < 0{,}5$. К ним относятся собственно диски, крышки, фланцы, шкивы, одновенцовые шестерни и т. д. К классу дисков относятся также кольца, характеризуемые наличием отверстия большого диаметра.

К несимметричным деталям относятся эксцентриковые и корпусные детали (кронштейны, патрубки, рычаги, крестовины и т. д.).

Детали всех классов можно подразделить на типы по конструктивным особенностям, которые влияют на технологию их производства. Однотипные детали с близкими по форме и размерам конструктивными элементами обрабатываются по одинаковой технологии (в зависимости от вида производства).

Обработка заготовок деталей типа валов и втулок описана в гл. II, III и IV. Особенности обработки заготовок несимметричных деталей, нежестких валов и эксцентриковых деталей освещены в гл. XV.

Ниже описана обработка заготовок деталей типа стаканов, тонкостенных втулок (гильз), дисков и колец.

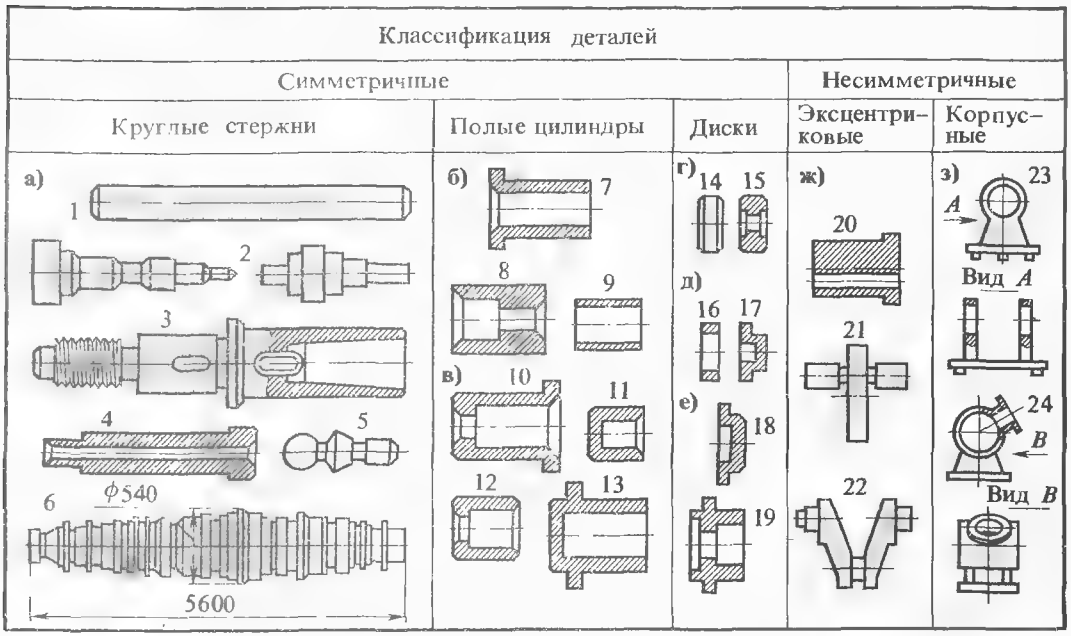
§ 102. Обработка заготовок деталей типа стаканов

Детали типа стаканов представляют собой втулки со сплошным дном или дном с отверстием. Стаканы могут быть гладкие или с фланцами, расположенными ближе к открыто-

* Общесоюзный классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП) Госстандарта СССР.

306 КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ ОБРАБОТКОЙ НА токарных СТАНКАХ.

а [illegible] гладкий [illegible] с резьбой [illegible] гладкий [illegible] фаской [illegible] и выточкой; б [illegible] же гладкий, б [illegible] втулка [illegible] гладкий [illegible] ступенчатым отверстием 9 [illegible] гильза; в – стаканы: 10 – с отверстием в дне 11 [illegible] гладкий со сферическим дном, 12 – гладкий со ступенчатым отверстием, 13 – с фланцем; г – диски: 14 [illegible] плоский 15 [illegible] с отверстием; д – кольца: 16 [illegible] гладкое 17 – со сложной наружной поверхностью; е – крышки: 18 – глухая 19 [illegible] с отверстием, [illegible] эксцентриковые: 20 [illegible] эксцентриковая втулка, 21 – эксцентриковый вал, 22 [illegible] коленчатый вал; з – корпусные: 23 [illegible] кронштейн, 24 [illegible] патрубок



му торцу (горловине), или ближе к глухому торцу стакана (см. рис. 306).

На рис. 307 приведена схема технологического процесса изготовления стакана с глухим дном из проката в условиях серийного производства. Процесс состоит из двух операций. Заключительная вторая операция обеспечивает точность глубины *l* отверстия. Концентричность цилиндрических поверхностей (наружные и внутренние) обеспечивается благодаря тому, что чистовой базой является обработанная наружная поверхность.

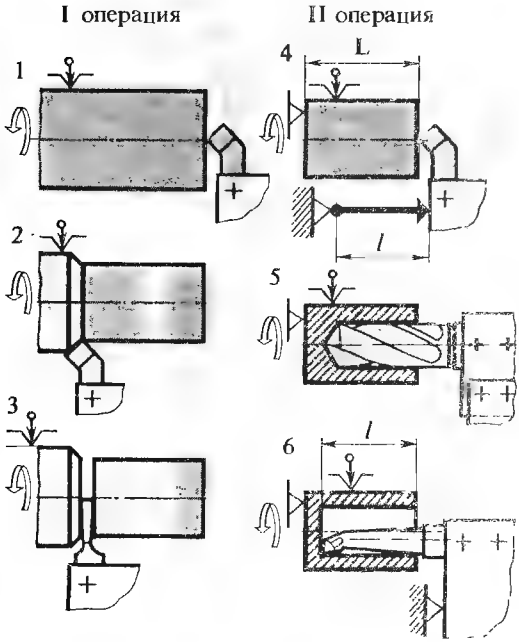
В отдельных случаях концентричность наружных и внутренних поверхностей обеспечивается обработкой на оправке от чистовой базы предварительно обработанного отверстия. На рис. 308 показана цанговая оправка для закрепления стакана с глухим дном. Гайка *3*, навертываясь на резьбу корпуса *1*, перемещает влево штифт *4*, который связан с хвостовиком разжимного конуса *2*, и смещает его влево, при этом конус разжимает цанговую (разжимную) часть корпуса и закрепляет заготовку.

В условиях любой мастерской нетрудно изготовить простую чугунную оправку с затяжкой конуса через шпиндель (рис. 309). Посадочную поверхность оправки протачивают окончательно при затянутом конусе.

В отдельных случаях, когда нет цанговой оправки для данного размера, вытачивают гладкую оправку на том станке, на котором обрабатывают заготовку, и используют ее, не снимая, для всей партии деталей. Заготовка базируется отверстием на гладкой оправке по скользящей посадке второго класса точности ($\frac{A}{C}$).

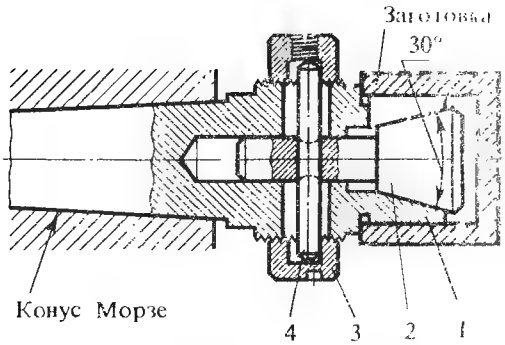
307 СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАКАНА ИЗ ПРУТКОВОЙ ЗАГОТОВКИ В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ:

1, 2, 3 — переходы операции I; 4, 5, 6 — переходы операции II



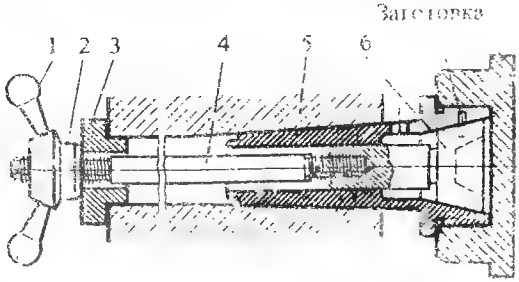
308 ЦАНГОВАЯ ОПРАВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТАКАНОВ:

1 — корпус с цангой; 2 — разжимной конус; 4 — штифт

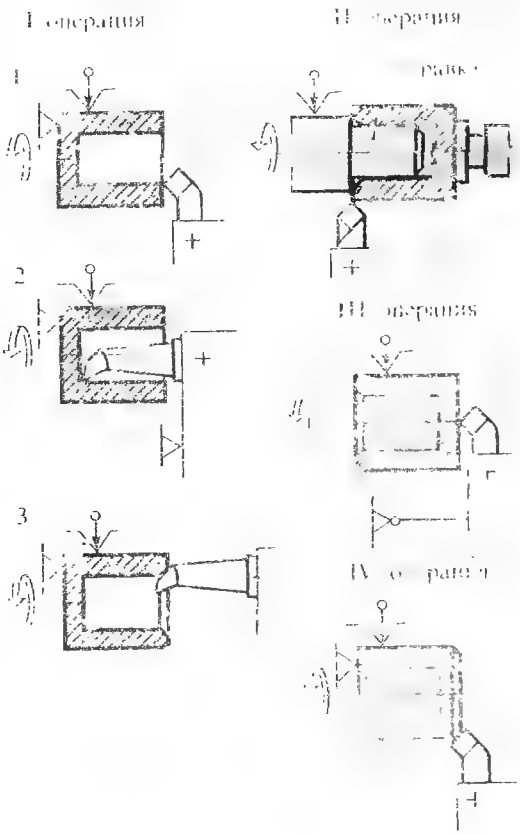


309 ЧУГУННАЯ ЦАНГОВАЯ ОПРАВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТАКАНА — ЗАТЯЖКОЙ ЧЕРЕЗ ШПИНДЕЛЬ:

1 — рукоятка; [illegible]



310 СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СТАКАНА ИЗ ШТАМПОВАННОЙ ЗАГОТОВКИ:



На рис. 310 приведена схема технологического процесса обработки стакана из штампованной заготовки в условиях серийного производства с применением гладкой цилиндрической оправки и откидного упора.

При изготовлении в серийном производстве стаканов с фланцами точность расстояния от внутреннего торца фланца до дна отверстия обеспечивается наладкой станка по одному жесткому упору с точным регулированием вылета вершин резцов L_1 и L_2 (рис. 311).

Если на чертеже не указан размер от наружного торца фланца до дна отверстия стакана l, то его определяют по правилам расчета размерных цепей*.

§ 103. Обработка заготовок деталей типа тонкостенных втулок (гильз)

При растачивании тонкостенной втулки наблюдается искажение обрабатываемого отверстия, вызываемое деформацией стенок кулачками трехкулачкового патрона. После снятия детали со станка деформированные стенки втулки занимают прежнее положение и расточенное отверстие приобретает огранку (рис. 312, *а*—*г*). Поэтому для закрепления заготовок тонкостенных втулок применяют широкие (сегментные) или удлиненные кулачки (рис. 313, *а*, *б*). В отдельных случаях на заготовку надевают разрезную втулку (рис. 313, *в*).

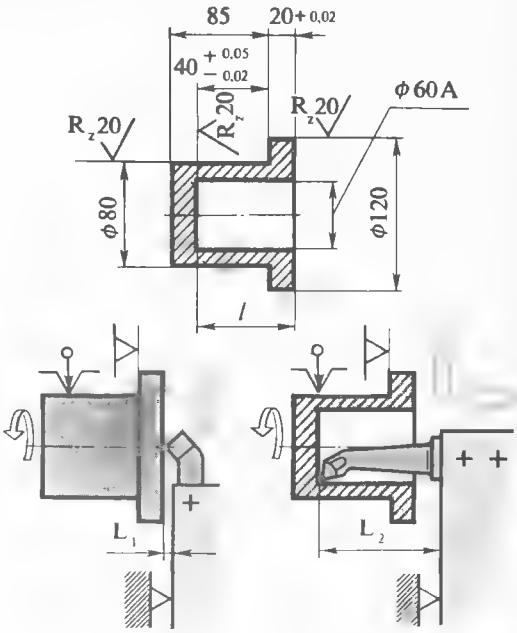
На рис. 314 показано закрепление тонкостенной втулки в гидропластном патроне. Привод зажима — пневматический. Заготовку устанавливают в эластичной зажимной втулке *7*. Тяга пневмоцилиндра перемещается вправо и давит на плунжер *5*, который передает давление гидропласту *8*. Резинообразный несжимаемый гидропласт деформирует эластичную втулку *7*, которая и зажимает заготовку. При отсутствии сжатого воздуха зажим можно осуществить при помощи винта *2* и плунжера *3*.

Наружное обтачивание тонкостенных втулок успешно выполняют при закреплении заготовки на гидропластной оправке. На рис. 315 показана такая оправка. На корпус-планшайбу *1* напрессована тонкостенная эластичная зажимная втулка *2*. Давление на гидропласт *6* передается винтом *4* через плунжер *3*. Перемещение плунжера ограничивается регулировочным винтом *7*.

* Изучается по предмету «Допуски и технические измерения»

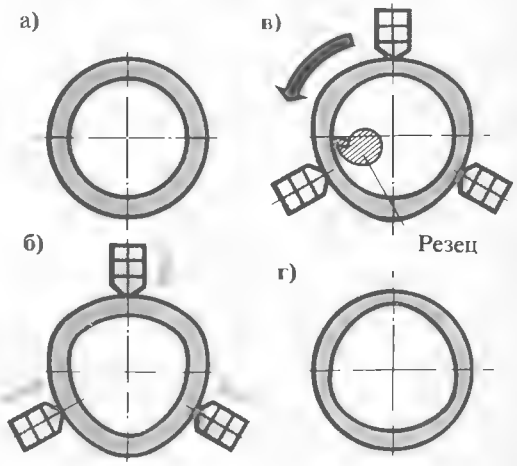
311 СХЕМА НАЛАДКИ ДО ОДНОГО УПОРА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАКАНА С ФЛАНЦЕМ:

L_1, L_2 — вылет резцов из резцедержателя



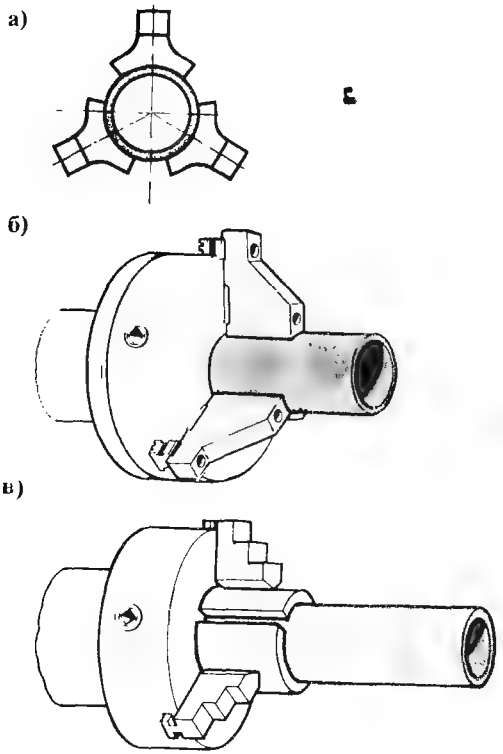
312 ДЕФОРМАЦИЯ ТОНКОСТЕННОЙ ВТУЛКИ ПРИ РАСТАЧИВАНИИ:

а — втулка до зажима в трехкулачковом патроне, б — втулка зажата в патроне, в — процесс растачивания, г — втулка после освобождения из патрона



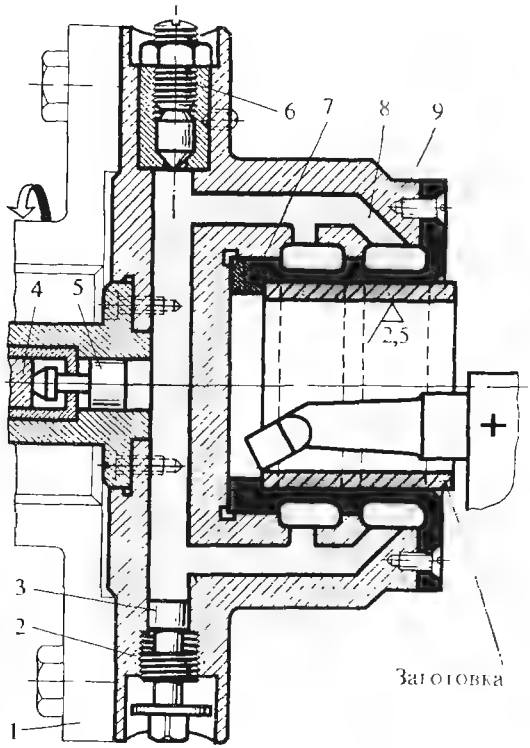
313 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ТОНКОСТЕННЫХ ВТУЛОК В ТРЕХКУЛАЧКОВОМ ПАТРОНЕ:

а – при помощи широких (сегментных) кулачков, б – при помощи узких кулачков, в – в разрезной втулке



314 ЗАКРЕПЛЕНИЕ ТОНКОСТЕННОЙ ВТУЛКИ В ГИДРОПЛАСТНОМ ПАТРОНЕ:

1 – планшайба, 2 – винт, 3, 5 – пружины, 4 – шланг от пневмоцилиндра, 6 – пробка, 7 – зажимная втулка, 8 – гидропласт, 9 – корпус



§ 104. Обработка заготовок деталей типа дисков

Из-за небольшой длины диска возникают трудности при закреплении его на станке. Разжимные оправки здесь не всегда применимы. Наиболее трудоемкой является обработка торцовых поверхностей дисков, для которых технические условия в большинстве случаев предусматривают перпендикулярность к оси отверстия и параллельность между собой.

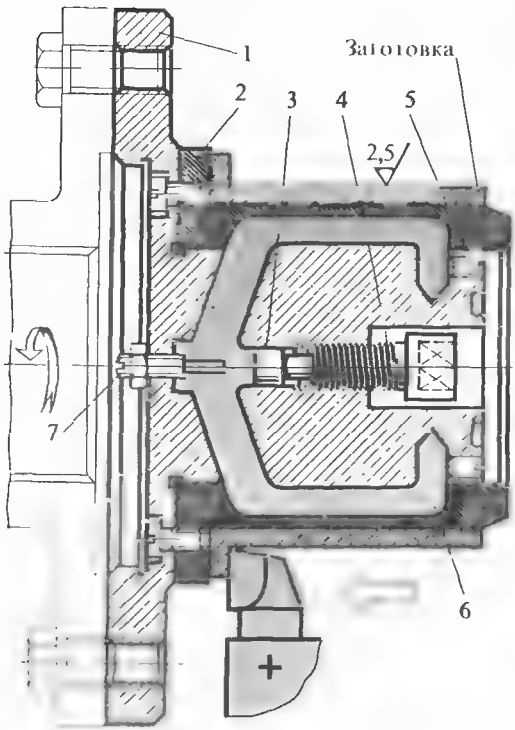
В единичном производстве заготовки дисков небольших (до 200 мм) диаметров изготовляют из проката отрезанием. Отрезанный диск закрепляют в патроне и обрабатывают второй торец. Крепят диски в сырых кулачках, расточенных для образования упорного буртика.

Диски большого диаметра изготовляют из единичных заготовок, отрезанных от проката, откованных (отштампованных) или вырезанных ацетилено-кислородным пламенем из листового проката. Такие диски обрабатывают за две установки (при больших партиях за две самостоятельные операции).

Вначале заготовку крепят в кулачках патрона, подрезают торец и обтачивают до кулачков. Затем заготовку зажимают за обточенную поверхность, подрезают второй торец и обтачивают наружную поверхность, оставшуюся необработанной. Если к точности наружной поверхности предъявляются повышенные требо-

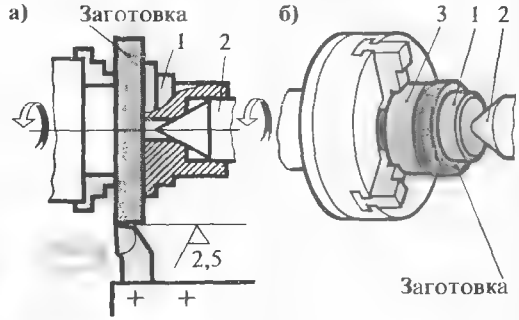
315 ОБТАЧИВАНИЕ ТОНКОСТЕННОЙ ВТУЛКИ НА ГИДРОПЛАСТНОЙ ОПРАВКЕ:

1 — корпус-планшайба, 2 — зажимная втулка, 3 — плунжер, 4 — винт, 5 — пробка, 6 — гидропласт, 7 — регулировочный винт



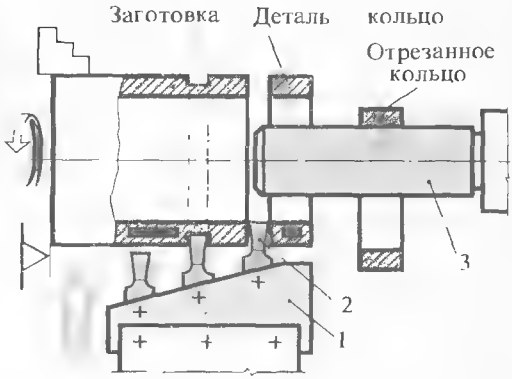
316 КРЕПЛЕНИЕ ДИСКОВ ПРИ ПОМОЩИ ПРИЖИМА ТРЕНИЯ:

а — упор в кулачки патрона, б — упор в оправку; 1 — прижим, 2 — центр, 3 — оправка



317 СХЕМА НАРЕЗАНИЯ КОЛЕЦ ИЗ ТРУБЧАТОЙ ЗАГОТОВКИ:

1 — державка, 2 — прорезной резец, 3 — приемная штанга



вания, то необходима третья операция: чистовое обтачивание. Крепить заготовку в этом случае лучше прижимом трения, насаженным на задний вращающийся центр. Заготовка может упираться в кулачки (рис. 316, *а*) патрона или в оправку, зажатую в патроне (рис. 316, *б*).

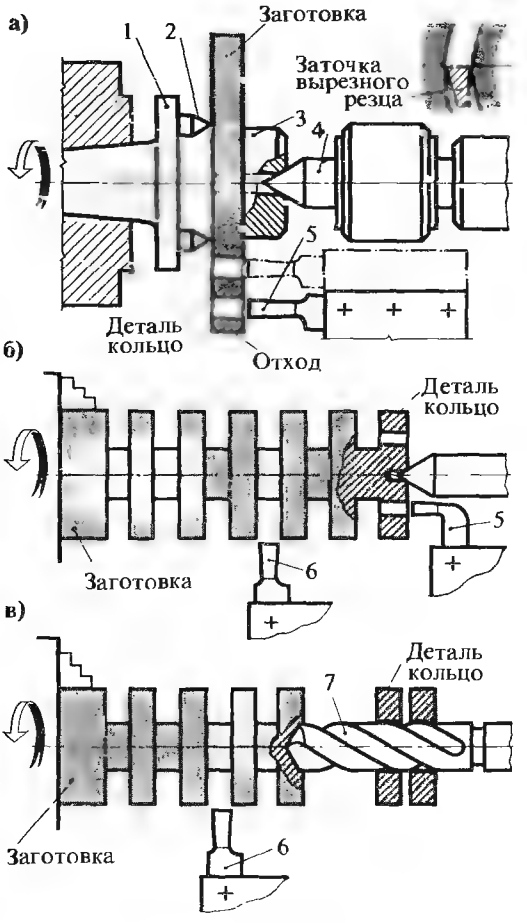
§ 105. Обработка заготовок деталей типа колец

Детали типа колец отличаются от дисков наличием отверстия большого диаметра (более $^2/_3$ от наружного диаметра). Заготовками для колец служат индивидуальные отливки или поковки. Крупные диски вырезают из листового проката ацетилено-кислородным пламенем. Заготовками для колец диаметром до 400 мм служат трубчатые отливки («маслоты») или прокатные стандартные трубы.

Кольца из трубчатых заготовок нарезают на токарном станке одним или сразу несколькими отрезными резцами. Для безопасности работы в трубчатую заготовку вводят штангу, закрепленную в задней бабке: отрезанное кольцо попадает на эту штангу и затем сдвигается токарем вправо. При отрезании несколькими резцами рекомендуется устанавливать резцы в резцедержателе с различным вылетом (рис. 317):

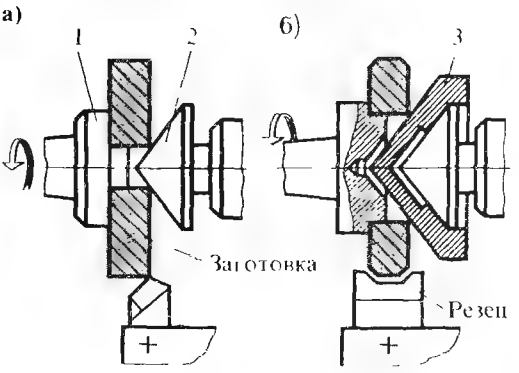
318 ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОЛЕЦ:

а — вырезанием из листового проката, б — вырезанием из круглого проката; в — высверливанием из круглого проката: 1 — поводковая планшайба, 2 — закаленный штифт, 3 — прижим трения, 4 — центр задней бабки, 5 — вырезной резец, 6 — прорезной резец, 7 — сверло

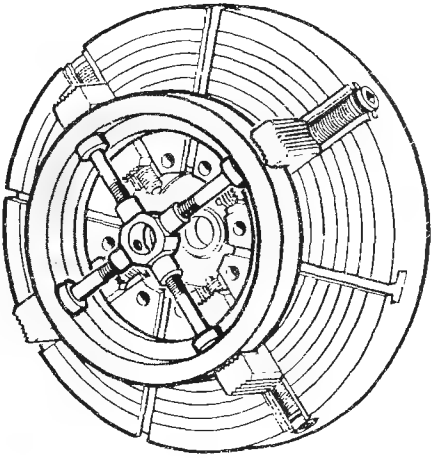


319 ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА КОЛЬЦА.

а — наружное обтачивание, б — снятие фасок, 1 — поводковая оправка, 2, 3 — грибковый вращающийся центр



320 ПРИМЕНЕНИЕ РАСПОРКИ-КРЕСТОВИНЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОЛЬЦА



вначале отрезают одно кольцо, затем второе, третье и т. д.

Высокой производительности труда при изготовлении колец токари-новаторы добиваются путем вырезания из квадратной заготовки — пластины (из листового проката). Пластину (рис. 318, *а*) прижимают прижимом трения к остриям трех закаленных штифтов *2* поводковой планшайбы *1*. Кольцо вырезают резцом *5*, боковые задние поверхности которого заточены по радиусу. Для обеспечения безопасности работы вырезку ведут резцом с режущей кромкой шириной не более 6 мм на низких режимах резания: подача 0,1—0,3 мм/об, скорость резания 25—50 м/мин.

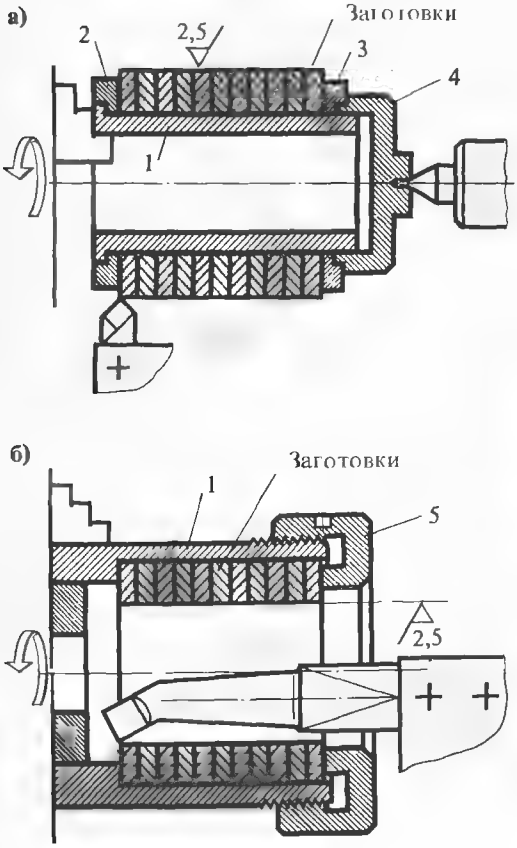
Способ вырезки применяют также при изготовлении колец из круглого проката, предварительно прорезанного прорезным резцом (рис. 318, *б*).

Разновидностью способа вырезки является высверливание (рис. 318, *в*).

Чистовую обработку колец ведут с закреплением на поводках трения при поджиме задним грибковым центром (рис. 319, *а*, *б*).

321 ОБРАБОТКА КОЛЕЦ КОМПЛЕКТНО В КАССЕТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ:

а — наружное обтачивание, б — растачивание. 1 — кассета, 2, 3 — шайбы, 4 — нажимной фланец, 5 — нажимная гайка



322 ГРУППА ДЕТАЛЕЙ ТИПА ВТУЛОК И КОМПЛЕКСНАЯ ДЕТАЛЬ

Эскизы деталей группы	Переходы									Комплексная деталь
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Подрезание торца	Обтачивание поверхности	Обтачивание поверхности	Сверление отверстия	Сверление отверстия	Растачивание конуса	Обтачивание поверхности	Обтачивание фаски	Отрезание	
										8 7 3 2 1 9 4 5 6

Зажим в патроне может вызвать деформацию кольца. Для повышения жесткости заготовки при чистовой обработке торцов применяют винтовую распорку-крестовину, которую укрепляют внутри кольца до закрепления кольца в патроне (рис. 320).

На рис. 321, *а*, *б* показана обработка колец комплектно в кассетных приспособлениях: на кассете-оправке осуществляется наружная обработка (обтачивание) пакета колец, а в кассете-стакане — внутренняя обработка (растачивание).

§ 106. Типовые технологические процессы

Одним из путей повышения производительности труда на машиностроительных предприятиях является применение типовых технологических процессов (метод групповой обработки), предложенных доктором технических наук С. П. Митрофановым. Основным преимуществом типовых процессов является значительное сокращения вспомогательного времени при выполнении станочных операций в условиях

серийного, мелкосерийного и индивидуального производства.

Технологический процесс разрабатывается не на отдельную деталь, а на группу деталей с общими конструктивными признаками, которые могут быть изготовлены на однотипном оборудовании при помощи одних и тех же приспособлений и режущих инструментов. При подборе деталей в группу учитывают их форму, размеры, точность изготовления и требуемый класс шероховатости поверхности.

На основе чертежей группы деталей разрабатывается чертеж так называемой комплексной детали, которая содержит все поверхности, присущие деталям группы. Технологический процесс механической обработки разрабатывают на эту комплексную деталь и станок налаживают для обработки заготовки комплексной детали. Такая наладка называется групповой. При изготовлении конкретной детали из группы требуется лишь небольшая подналадка станка, заключащаяся в изменении вылета резца, замене развертки или метчика и др.

На рис. 322 приведены эскизы группы деталей типа втулок и эскиз комплесной детали, даны указания об обработке каждой из деталей групп. Нумерация поверхностей комплексной детали соответствует нумерации переходов.

Для закрепления заготовок, обрабатываемых по типовому технологическому процессу, применяют групповое приспособление, обеспечивающее возможность обработки заготовки любой детали группы при минимальных затратах времени на переналадку, получении требуемой точности размеров и высокой производительности.

Контрольные вопросы

1. **Дайте общую классификацию деталей, заготовки которых обрабатывают на токарных станках.**
2. **Как обрабатывают заготовки деталей типа стаканов и тонкостенных втулок?**
3. **Как изготавливают на токарном станке детали типа дисков и колец?**
4. **В чем заключается сущность обработки по типовому технологическому процессу?**

Глава XX Пути повышения производительности труда при токарной обработке

§ 107. Понятие о производительности труда

Производительность труда определяется количеством продукции, вырабатываемой в единицу времени. В социалистическом обществе повышение производительности труда является основой повышения жизненного уровня трудящихся.

Основные пути повышения производительности труда при токарной обработке:

сокращение машинного времени, т. е. времени, затрачиваемого непосредственно на процесс резания: применение твердосплавных инструментов, ротационного точения, многорезцовых наладок, работа на повышенных режимах резания;

сокращение вспомогательного времени, т. е. времени, затрачиваемого на закрепление заготовки и снятие детали, подвод и отвод инструмента; ускорение зажима и освобождения заготовки при помощи быстродействующих зажимных приспособлений (пневматических и

гидравлических патронов, самозажимных хомутиков и планшайб, быстрозажимных оправок, пневмопривода пиноли задней бабки); ускорение замены режущих инструментов; усовершенствование способов контроля размеров; наладка станков на работу по револьверным упорам; применение шаблонов и калибров; механизация трудоемких операций, автоматизация станков; применение приспособлений, ускоряющих и облегчающих работу токаря.

Ниже описаны некоторые пути сокращения машинного и вспомогательного времени.

§ 108. Силовое и ротационное точение

Силовым точением называется токарная обработка при большой подаче резца. Геометрия резца для силового точения предложена токарем-новаротом В. А. Колесовым (рис. 323) и характеризуется наличием дополнительной кромки с углом в плане $\varphi_1 = 0$. Длина этой кромки должна превышать подачу. При работе с большой подачей дополнительная кромка зачищает шероховатости, оставляемые главной режущей кромкой, и обеспечивает седьмой класс шероховатости поверхностей. Дополнительную кромку тщательно доводят и устанавливают строго параллельно оси заготовки.

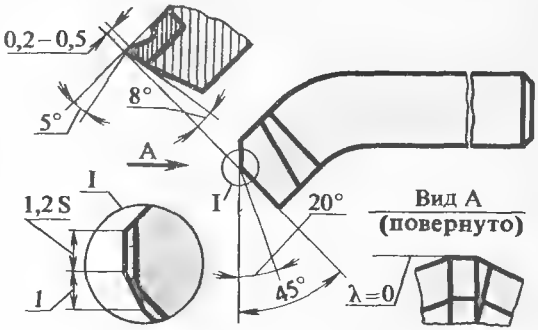
Возможны случаи, когда после первых проходов не будет обеспечена требуемая шероховатость, это значит, что дополнительная кромка еще не «притерлась» к заготовке. Высокое качество обработки достигается после того, как резец «притрется» к заготовке.

Силовое точение вызывает большое усилие сопротивления подаче, поэтому применение этого метода возможно только на достаточно мощных токарных и карусельных станках.

Ротационное точение вращающимися (ротационными) резцами применяется при обработке труднообрабатываемых материалов (жаропрочных и нержавеющих сталей, титановых сплавов и др.), когда к режущему инструменту предъявляются повышенные требования по стойкости и производительности.

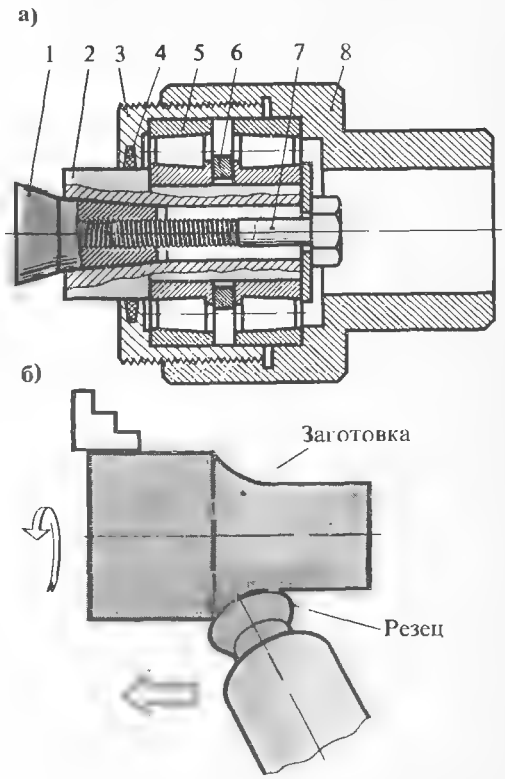
Особенности ротационного резца заключаются в том, что его режущая кромка имеет вид окружности, а сам резец установлен в корпусе (державке) свободно, на подшипниках качения. Под действием сил трения, возникающих в процессе резания в местах контакта круглой

323 РЕЗЕЦ В. А. КОЛЕСОВА ДЛЯ СИЛОВОГО ТОЧЕНИЯ



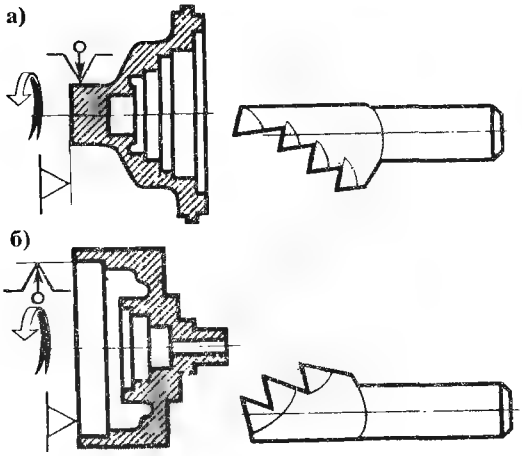
324 РОТАЦИОННЫЙ РЕЗЕЦ:

а – конструкция, б – схемы работы. 1 – режущая часть, 2 – оправка, 3 – стакан, 4 – сальник, 5 – роликоподшипники, 6 – кольцо, 7 – болт, 8 – корпус

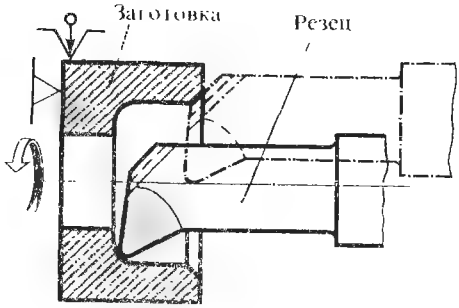


325 ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРОМОЧНЫХ СТУПЕНЧАТЫХ РЕЗЦОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ИЗ ЛЕГКИХ СПЛАВОВ:

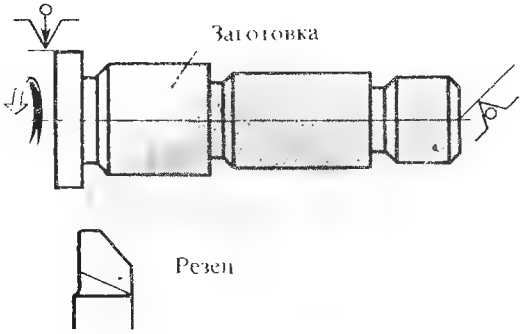
а – растачивание ступенчатого отверстия; б – обтачивание ступенчатого хвостовика



326 РАСТАЧИВАНИЕ, ПОДРЕЗАНИЕ ДНА И СНЯТИЕ ФАСКИ МНОГОКРОМОЧНЫМ РЕЗЦОМ



327 ОБРАБОТКА СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА С КАНАВКАМИ МНОГОКРОМОЧНЫМ РЕЗЦОМ С ПОДАЧЕЙ СЛЕВА НАПРАВО



режущей кромки резца с заготовкой, резец увлекается во вращение и автоматически обкатывает обрабатываемую поверхность. Непрерывная смена рабочего участка режущей кромки создает интенсивный теплоотвод из зоны резания, снижает трение между заготовкой и рабочими поверхностями резца, что обеспечивает значительное повышение его стойкости.

На рис. 324, *а* изображен ротационный резец. Режущая часть *1* изготовлена из быстрорежущей стали в виде вставки с коническим хвостовиком, которым вставляется в оправку *2* и затягивается болтом *7*. Оправка *2* установлена в корпусе *8* на двух конических роликоподшипниках *5*, между которыми размещено промежуточное кольцо *6*.

На рис. 324, *б* показана схема установки ротационного резца для наружного обтачивания.

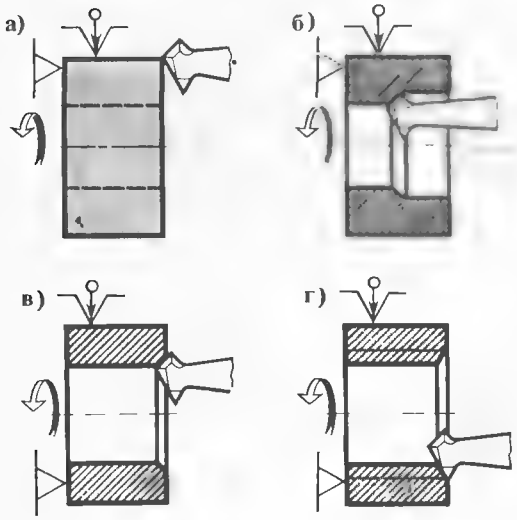
§ 109. Применение многокромочных резцов

Многокромочный, или комбинированный, резец имеет несколько рабочих кромок, которые последовательно обрабатывают различные поверхности. Обычный проходной резец с огогнутой головкой и расточной резец для обработки сквозных отверстий являются простейшими многокромочными резцами. Проходные и расточные ступенчатые твердосплавные резцы (рис. 325, *а*, *б*) широко применяются для обработки корпусных деталей из легких сплавов. Резцом, показанным на рис. 326, выполняют растачивание, радиусную обработку дна отверстия и обтачивание фаски.

На рис. 327 приведен резец, которым протачивают канавку и производят наружное обтачивание заготовки с подачей слева направо.

328 ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО РЕЗЦА «МОЛОТОЧЕК» ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГАЙКИ:

а — подрезание торца, б — растачивание, в — снятие фаски, г — нарезание резьбы



На рис. 328, *а — г* изображен комбинированный резец «молоточек», которым подрезается торец, растачивается отверстие, снимается фаска и нарезается внутренняя резьба.

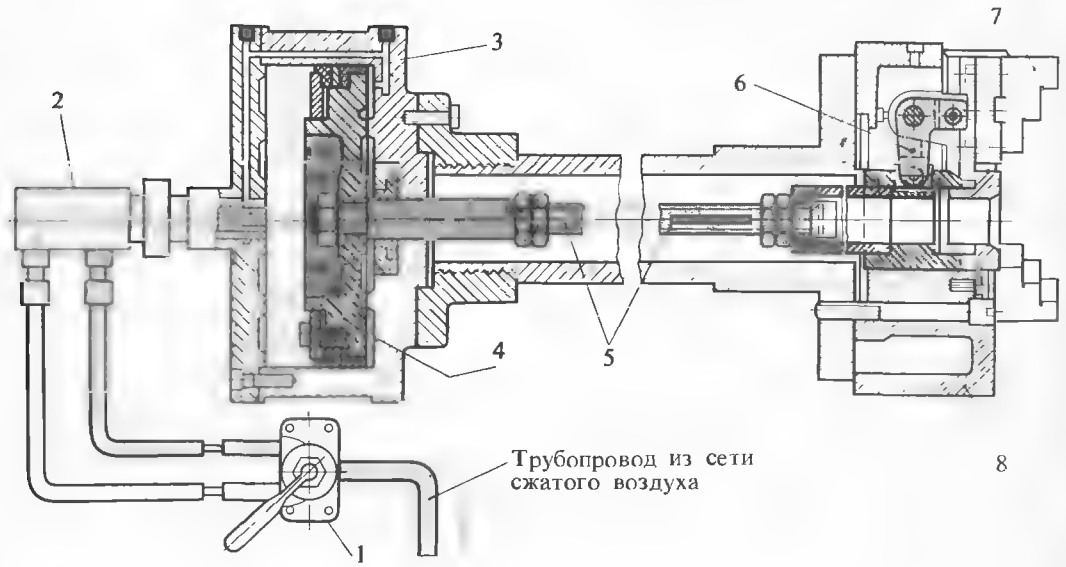
§ 110. Применение пневматических и гидравлических зажимных устройств

В серийном и массовом производствах широко применяют пневматические приводы зажимных устройств. Пневматический привод обеспечивает быстрое закрепление и освобождение заготовок без физического усилия. Воздух под давлением 4—6 ат поступает к станку из цеховой воздушной магистрали.

На рис. 329 показана схема пневматического привода токарного патрона (с вращающимся цилиндром). Сжатый воздух из магистрали поступает во влагоотделитель с фильтром, проходит регулятор давления с манометром и маслораспылитель. Далее через распределительный кран *1* сжатый воздух по шлангам направляется в приемную муфту *2*, оттуда поступает в правую полость рабочего

329 ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ТОКАРНЫЙ ПАТРОН:

1 — распределительный кран, 2 — приемная муфта, 3 — рабочий цилиндр, 4 — поршень, 5 — тяга, 6 — двуплечий рычаг, 7 — зажимной кулачок, 8 — корпус патрона



цилиндра *3* и давит на поршень *4*, вызывая осевое перемещение тяги *5*.

Тяга *5* воздействует на двуплечий рычаг *6*, который вызывает перемещение зажимных кулачков *7* по радиальным пазам корпуса *8* патрона и таким образом закрепляет заготовку. Для освобождения закрепленной заготовки поворачивают рукоятку крана управления, сжатый воздух поступает в левую полость рабочего цилиндра. Перемещаясь в обратном направлении, поршень через тягу *5* и двуплечий рычаг *6* раздвигает кулачки *7* и тем самым освобождает заготовку.

От пневмопривода может работать и цанговый патрон, при этом тяга вызывает продольное перемещение цанги, которая, вдвигаясь своей наружной конической поверхностью в коническую расточку корпуса, сжимается и закрепляет заготовку.

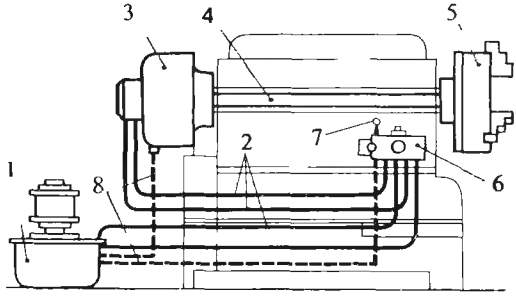
Вспомогательное время на установку заготовок и снятие деталей при закреплении в самоцентрирующем патроне (без выверки) составляет от 0,15 до 0,4 мин в зависимости от массы детали. При закреплении в пневматическом патроне это время уменьшается в 1,5 раза (0,1 0,25 мин).

Если для закрепления заготовки требуется большое зажимное усилие, применяют гидравлический привод патрона. Благодаря высокому давлению в гидравлической системе можно применить рабочие цилиндры небольшого диаметра, все зажимное приспособление получается компактным (рис. 330).

Для механического подвода и отвода заднего центра или инструмента, закрепленного в пиноли, заднюю бабку оснащают пневматическим приводом пиноли (пневмопинолью). Корпус *3* (рис. 331) пневмопиноли с краном управления *4* крепится к корпусу задней бабки *7*. Шток *5* имеет поршень *2* и соединяется с винтом *1* задней бабки. Удлиненный конец винта проходит сквозь шток *5*. На его конце закрепляется маховичок *6* пиноли.

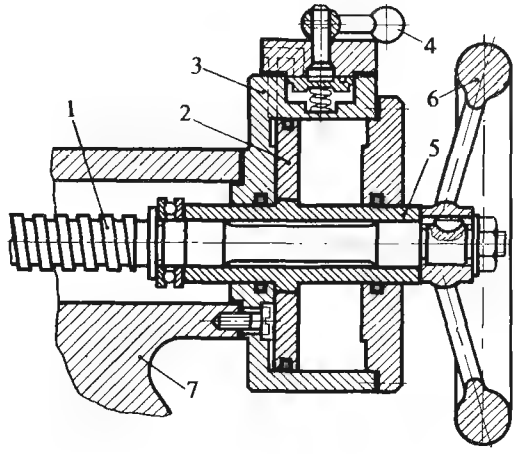
330 СХЕМА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТОКАРНОГО ПАТРОНА:

1 — насосная станция, 2 — нагнетательный трубопровод, 3 — рабочий цилиндр, 4 — тяга, 5 — патрон, 6 — золотник управления, 7 — рукоятка, 8 — обратный трубопровод



331 ПНЕВМОПРИВОД ПИНОЛИ ЗАДНЕЙ БАБКИ:

1 — винт пиноли, 2 — поршень, 3 — корпус пневмопиноли, 4 — кран управления, 5 — шток, 6 — маховичок, 7 — задняя бабка



§ 111. Применение многорезцовых наладок

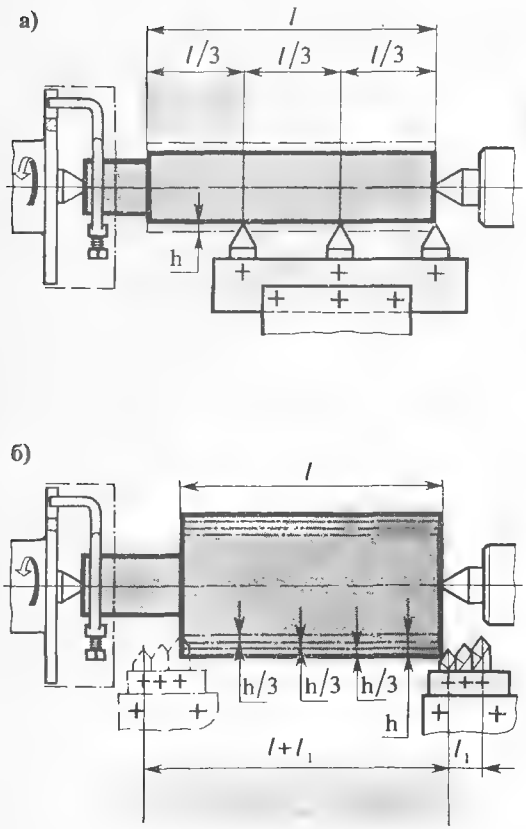
Одновременная работа несколькими предварительно установленными резцами обеспечивает высокую производительность и точность обработки.

Ниже описаны основные способы токарной обработки с многорезцовой наладкой резцедержателей.

Расчленение припуска по длине (рис. 332, *а*). Одну поверхность обрабатывают двумя-тремя резцами, каждый из которых протачивает только часть этой поверхности по длине. Предварительно резцы врезаются на

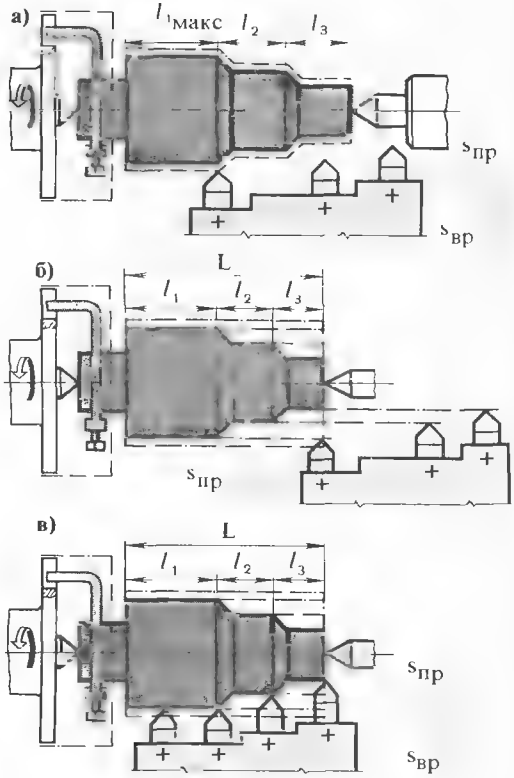
332 ОБРАБОТКА ГЛАДКОГО ВАЛИКА ПРИ МНОГОРЕЗЦОВОЙ НАЛАДКЕ РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЯ:

а — расчленение припуска по длине; б — расчленение припуска по глубине



333 ОБРАБОТКА СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА ПРИ МНОГОРЕЗЦОВОЙ НАЛАДКЕ РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЯ:

а — штампованная заготовка, припуск на всех ступенях одинаков; б — заготовка из проката, припуск расчленяется по глубине; в — заготовка из проката, припуск расчленяется по длине и глубине



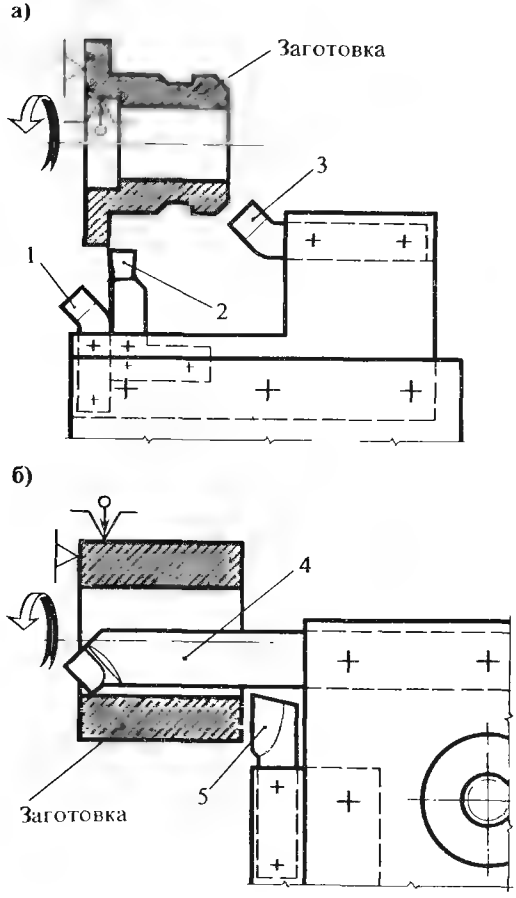
заданную глубину при ручной поперечной подаче. Резцы закрепляют в резцедержателе непосредственно или при помощи дополнительных державок.

Расчленение припуска по глубине (рис. 332, *б*). Два или три резца устанавливают с различным вылетом: каждый резец срезает часть общего припуска на полную длину детали, после прохода всех резцов припуск будет снят на полную глубину. Общая мощность, расходуемая на процесс резания, складывается из мощностей, затрачиваемых на работу каждого резца, но нагрузка на каждый резец в отдельности небольшая, что позволяет работать резцами малых сечений.

Многорезцовая обработка заготовок ступенчатых деталей. Каждый резец выставляется на определенный диаметр и производит обтачивание одной ступени. Путь подачи равен длине самого длинного участка $l_{макс}$ (рис. 333, *а*). Резцы выставляются по эталонной детали. После изготовления двух-трех пробных деталей наладку корректируют по данным замеров ступеней. Припуск

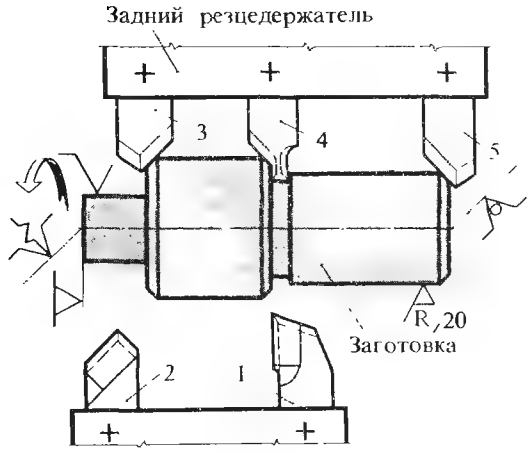
334 МНОГОРЕЗЦОВЫЕ НАЛАДКИ «ВО ФРОНТ»:

а — подрезание и обтачивание; б — растачивание и подрезание торца; резцы: 1, 2 — работающие при продольной подаче; 2, 3 — работающие при поперечной подаче; 4 — расточный; 5 — проходной упорный



335 ОБРАБОТКА СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАДНЕГО РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЯ:

резцы: 1 — проходной упорный; 2 — проходной; 3, 5 — фасонные; 4 — прорезной



между резцами расчленяют по глубине (рис. 333, *б*) или по длине и глубине (рис. 333, *в*).

Можно осуществить многорезцовую наладку станка без изготовления специальной оснастки, используя для этого обычный резцедержатель.

Наладка односторонней установкой резцов «во фронт». Наладка позволяет резцами *1* и *2* (рис. 334, *а*) обтачивать ступени вала (подача слева направо), резцом *2* прорезать канавку, а резцом *3* подрезать торец и снять фаску. Резцы закрепляют в дополнительном резцедержателе. В наладке, показанной на рис. 334, *б*, используются два резца: расточный *4* и проходной упорный *5*.

§ 112. Применение заднего (дополнительного) резцедержателя

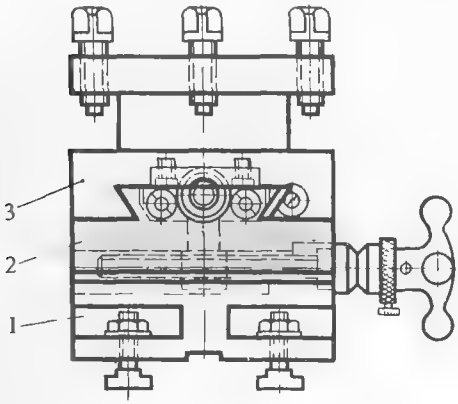
При помощи заднего резцедержателя можно ускорить ряд токарных работ: одновременно вести наружную и внутреннюю обработку; продольное обтачивание резцами, расположенными спереди и сзади; нарезание резьбы с использованием обратного хода суппорта; протачивать канавки и снимать фаски и др.

На рис. 335 показан схема наладки станка на обработку ступенчатого валика с применением заднего резцедержателя в сочетании с многорезцовой наладкой. Резцы *1* и *2*, закрепленные в переднем резцедержателе, производят наружное обтачивание ступеней, а резцы, закрепленные в заднем резцедержателе, совершают только поперечную подачу и служат для снятия фасок (резцы *3*, *5*) и для прорезания канавки (резец *4*).

К станкам 1К62, 16К20 и 1И611П поставляют задние резцедержатели. Станки старых кон-

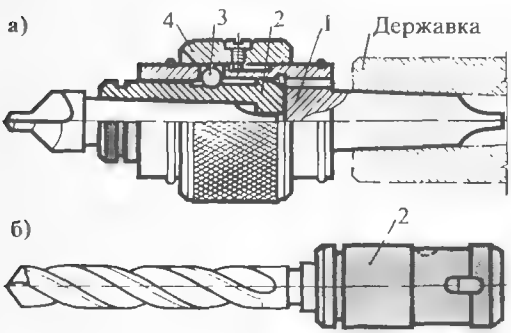
336 РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЗАДНИЙ РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЬ:

1 — основание; 2 — продольные салазки; 3 — поперечные салазки



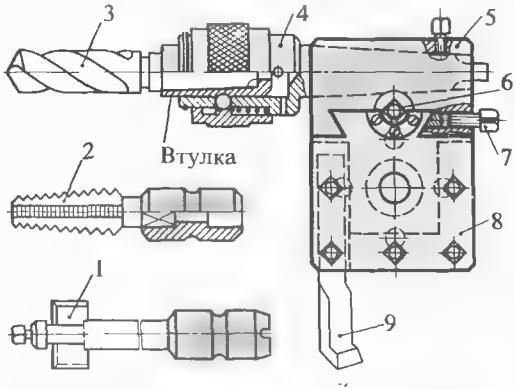
337 БЫСТРОСМЕННЫЙ ПАТРОН (*а*), ИНСТРУМЕНТ СО СМЕННОЙ ВТУЛКОЙ (*б*):

1 — корпус патрона с хвостовиком; 2 — сменная втулка; 3 — шарик; 4 — зажимное кольцо

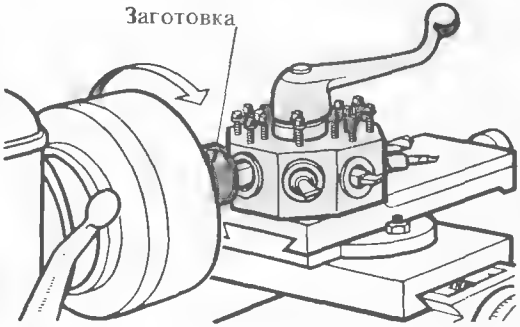


338 КОМБИНИРОВАННЫЙ РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЬ:

1 — расточная пластина; 2 — метчик; 3 — сверло; 4 — быстросменный патрон; 5 — дополнительная державка; 6 — регулировочный винт; 7 — стопорный винт; 8 — резцедержатель; 9 — расточной резец



339 РЕВОЛЬВЕРНАЯ ВОСЬМИПОЗИЦИОННАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ГОЛОВКА К ТОКАРНОМУ СТАНКУ



струкций можно модернизировать, оснастив их задним резцедержателем. Одна из конструкций заднего резцедержателя с регулировкой положения резца в продольном и поперечном направлении показана на рис. 336.

§ 113. Ускоренная замена инструмента

Применение быстросменных патронов. Для многократной обработки отверстий применяют быстросменные патроны, позволяющие быстро заменять инструменты с хвостовиком — сверла, зенкеры, развертки. Быстросменный патрон (рис. 337, *а*, *б*) закрепляют в пиноли задней бабки. Режущей инструмент закрепляют коническим хвостовиком в сменной втулке *2*, у которой на наружной цилиндрической поверхности имеются углубления. Втулку *2* вставляют в цилиндрическую расточку корпуса *1* патрона, шарики *3*, сидящие в отверстиях корпуса, под действием скоса зажимного кольца *4* заходят в углубления втулки *2*, связывая ее, а следовательно, и инструмент с патроном. Для смены инструмента достаточно

слегка сдвинуть кольцо, при этом втулка с инструментом свободно выходит из корпуса патрона. На смену инструмента затрачивается до 10 с.

Применение комбинированных резцедержателей и револьверных инструментальных головок. С целью сокращения вспомогательного времени на замену инструментов применяют комбинированные резцедержатели (инструментальные головки), позволяющие увеличивать количество инструментов в наладках и быстро их закреплять.

На рис. 338 изображен комбинированный резцедержатель для крепления резцов и стержневых инструментов. В корпусе резцедержателя *8* в пазу «ласточкин хвост» крепится подвижная дополнительная державка *5* для стержневых инструментов *1*, *2*, *3*. Винтом *6* державку устанавливают по оси шпинделя и стопорят винтом *7*. В гнездо державки вставляется быстросменный патрон *4* для сверл, зенкеров, разверток и другого инструмента.

Резкому сокращению вспомогательного времени способствует замена обычного четырехпозиционного резцедержателя револьверной (поворотной) инструментальной головкой.

На рис. 339 показана восьмипозиционная головка, в гнездах которой крепят оправки для резцов или втулки для стержневых инструментов. Револьверная головка оснащается различными инструментами в определенной технологической последовательности.

Наличие револьверных головок, оснащенных для обработки определенной заготовки, позволяет быстро переналаживать станок и обеспечивать высокопроизводительную работу при изготовлении даже малых партий деталей.

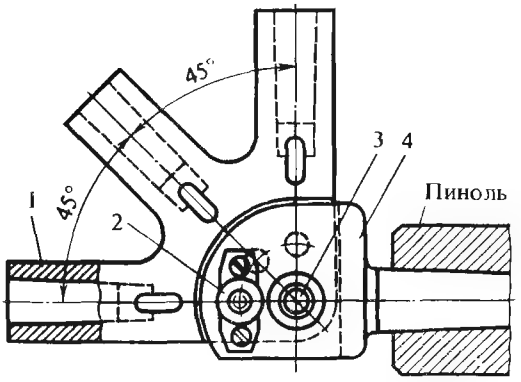
Для ускорения замены стержневых инструментов (сверл, зенкеров, разверток) заднюю бабку токарного станка также оснащают револьверной трехпозиционной инструментальной головкой (рис. 340).

§ 114. Применение барабанного упора

Для обработки больших производственных партий заготовок со ступенчатыми поверхностями используют барабанные упоры (рис. 341, *а*, *б*, табл. 22). Винты-упоры вывинчиваются из барабана на различную длину, соответствующую

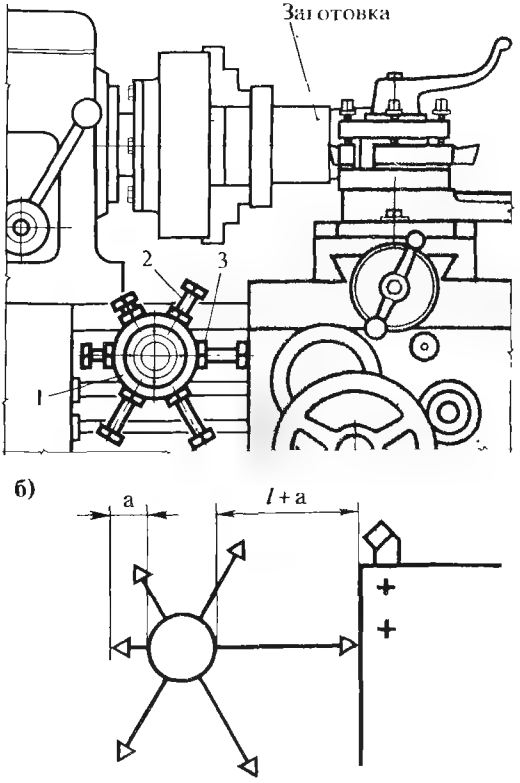
340 РЕВОЛЬВЕРНАЯ ТРЕХПОЗИЦИОННАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ГОЛОВКА ЗАДНЕЙ БАБКИ:

1 — инструментодержатель; 2 — фиксатор; 3 — ось; 4 — корпус с хвостовиком

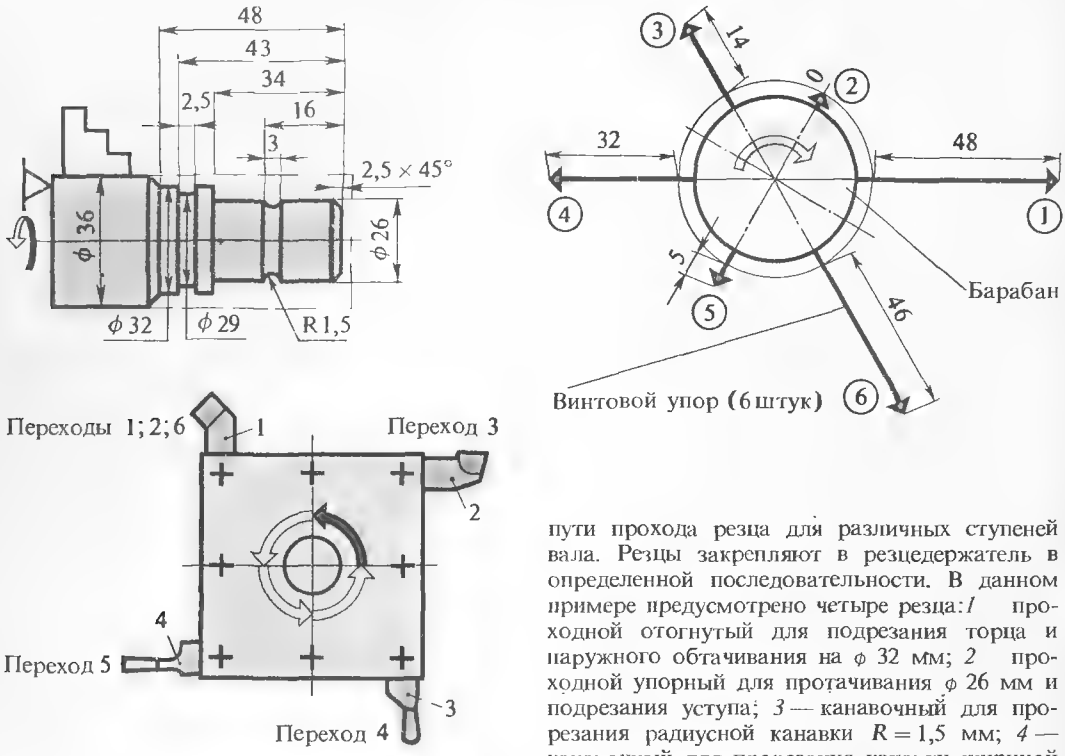


341 БАРАБАННЫЙ ШЕСТИПОЗИЦИОННЫЙ УПОР (*а*), СХЕМА НАЛАДКИ (*б*):

1 — барабан; 2 — регулировочный винт; 3 — контргайка



342 СХЕМА РЕВОЛЬВЕРНОЙ НАЛАДКИ РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЯ НА ОБРАБОТКУ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛА ПО БАРАБАННОМУ УПОРУ



пути прохода резца для различных ступеней вала. Резцы закрепляют в резцедержатель в определенной последовательности. В данном примере предусмотрено четыре резца: *1* — проходной отогнутый для подрезания торца и наружного обтачивания на ϕ 32 мм; *2* — проходной упорный для протачивания ϕ 26 мм и подрезания уступа; *3* — канавочный для прорезания радиусной канавки $R = 1{,}5$ мм; *4* — канавочный для прорезания канавки шириной

Таблица 22

Карта револьверной наладки резцедержателя на работу по барабанному упору (к рис. 342)

№ перехода	Наименование перехода	№ резца	Наименование резца	№ винтового упора	Вылет винтового упора относительно винта 2, мм
1	Подрезать торец	1	Проходной отогнутый	1	48 − 0 = 48
2	Проточить на ϕ 32, выдержав длину 48 мм	1	Проходной отогнутый	2	0
3	Проточить на ϕ 26 и подрезать уступ, выдержав длину 34 мм	2	Проходной упорный	3	48 − 34 = 14
4	Проточить канавку $R = 1{,}5$, $b = 3$ мм, выдержав длину 16 мм	3	Канавочный $R = 1{,}5$ мм	4	48 − 16 = 32
5	Проточить канавку $b = 2{,}5$ на ϕ 29, выдержав длину 43 мм	4	Канавочный	5	48 − 43 = 5
6	Снять фаску 2 × 45°	1	Проходной отогнутый	6	48 − 2 = 46

2,5 мм. После обработки заготовки всеми четырьмя резцами, т. е. после полного поворота револьверной головки, в работу вновь вступает резец *1*, которым снимается фаска $2 \times 45°$.

На барабанном упоре выставляют винты в такой же последовательности, как и соответствующие им резцы в резцедержателе. Вылет винтов устанавливают в процессе изготовления первой (пробной) детали. После подрезания торца первой детали начисто винт *1* (позиции винтов в кружках) упора вывертывают так, чтобы он уперся в каретку суппорта. Затем поворачивают барабан упора и винт *2* завертывают до минимума.

Резцом *1* протачивают поверхность заготовки до ⌀ 32 мм на длину 48 мм (контроль штангенглубиномером) и вывертывают винт до упора в каретку.

Таким же образом обрабатывают остальные поверхности и выставляют винты упоров. Так как винт *2* соответствует самому длинному проходу, то вылет остальных винтов относительно винта *2* равен разности между проходом, составляющим 48 мм, и расстояниями от торца заготовки, которые зависят от положения соответствующих резцов (см. карту наладки к рис. 342). Винты упоров предохраняются от самоотвинчивания контргайками.

После наладки упоров по первой пробной детали окончательную регулировку производят по второй детали. Остальные заготовки партии можно обрабатывать по упорам без замеров.

Контрольные вопросы

1. **Назовите основные пути повышения производительности труда при токарной обработке.**
2. **В чем заключаются преимущества силового и ротационного точения?**
3. **Как устроен пневматический патрон?**
4. **Расскажите о способах многорезцовой наладки токарного станка.**
5. **Приведите примеры рационального использования заднего резцедержателя.**
6. **Как осуществляют ускоренную замену режущих инструментов, закрепляемых в резцедержателе и в пиноли задней бабки?**
7. **В какой последовательности ведут наладку токарного станка на работу по барабанному упору?**

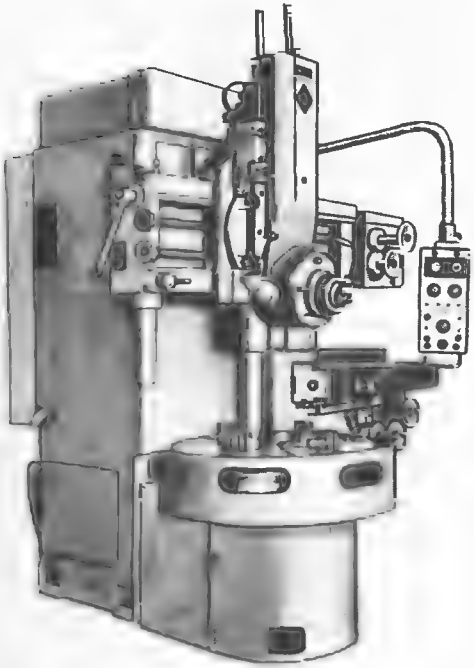
Глава XXI Станки токарной группы

§ 115. Лобовые и карусельные станки

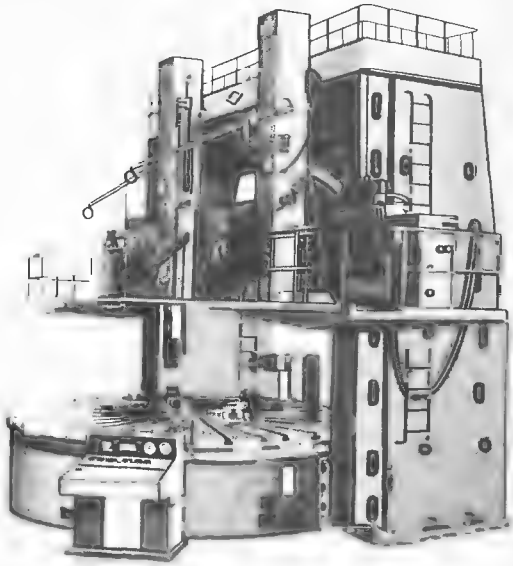
Лобовые станки предназначены для обработки заготовок, диаметр которых значительно превосходит длину (шкивы, маховики, зубчатые колеса, плиты и др.). Лобовой станок отличается от токарного отсутствием задней бабки и большими размерами планшайбы. Из-за неудобства крепления и выверки заготовки эти станки применяют редко, их заменяют карусельными станками.

На карусельных станках обрабатывают крупные заготовки диаметром свыше 300 мм в цехах единичного и серийного производства. Карусельный станок имеет планшайбу (стол) для установки заготовок в горизонтальной плоскости (вращение вокруг вертикальной оси). Карусельные станки бывают одностоечные (одно- и двухсуппортные) и двухстоечные (двух-, трех- и четырехсуппортные).

343 ОДНОСТОЕЧНЫЙ КАРУСЕЛЬНЫЙ СТАНОК



344 ДВУХСТОЕЧНЫЙ КАРУСЕЛЬНЫЙ СТАНОК

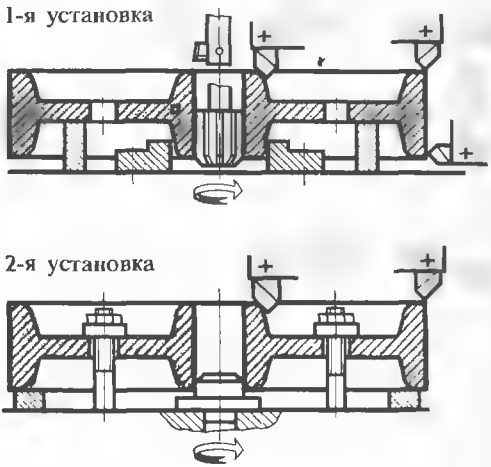


Одностоечный карусельный станок (рис. 343) имеет вертикальный суппорт с пятигранной поворотной (револьверной) инструментальной головкой и боковой суппорт. Вертикальный суппорт расположен на траверсе, которая может перемещаться вверх и вниз по направляющим стойки. Боковой суппорт может перемещаться вертикально и горизонтально. В револьверной головке в определенной технологической последовательности закрепляют инструментальные державки или непосредственно стержневые инструменты (сверла, зенкеры).

В боковом суппорте закреплен обычный четырехрезцовый поворотный резцедержатель, как у токарного станка. Заготовку устанавливают на столе станка и крепят кулачками, имеющими независимое перемещение, или болтами и планками-прихватами. Горизонтальное расположение стола упрощает выверку заготовки и обеспечивает надежность крепления.

Двухстоечный карусельный станок (рис. 344) предназначен для обработки особо крупных

345 СХЕМА НАЛАДКИ ОДНОСТОЕЧНОГО КАРУСЕЛЬНОГО СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ШКИВА



заготовок. Высокая производительность этого станка объясняется возможностью одновременной обработки несколькими суппортами при большом сечении стружки, благодаря высокой мощности станка.

На рис. 345 приведена схема наладки одностоечного карусельного станка для обработки шкива.

§ 116. Револьверные станки

Револьверные станки в отличие от токарных вместо задней бабки имеют каретку, на которой находится поворотная (револьверная) инструментальная головка. Револьверные станки применяют в серийном и массовом производстве при изготовлении больших производственных партий одинаковых деталей. Детали изготовляются из поковок, отливок или пруткового материала.

Различают два типа револьверных станков: с вертикальной осью поворота револьверной головки и горизонтальной осью револьверной головки.

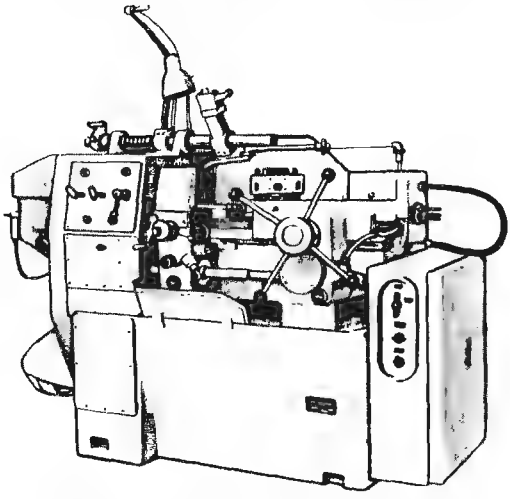
У станка с вертикальной осью поворота головки (рис. 346) имеется шестигранная револьверная головка. На гранях револьверной головки в соответствии с предварительно разработанной технологией закрепляют различные инструменты: резцы, сверла, зенкеры, метчики и др. В обычном резцедержателе поперечного суппорта закрепляют резцы.

Сочетание одновременно работы инструментов, закрепленных в револьверной головке и в поперечном суппорте, быстрая замена инструмента благодаря повороту револьверной головки, автоматическое получение заданных размеров благодаря наладке по упорам - все это обеспечивает высокую производительность револьверного станка.

На рис. 347, *а* – *в* показана схема наладки револьверного станка с вертикальной осью револьверной головки для обработки втулки.

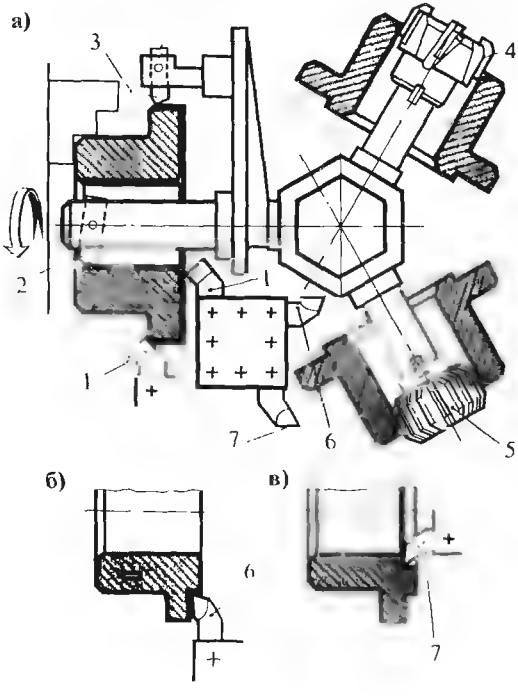
У станка с горизонтальной осью револьверной головки дисковая револьверная головка обращена к шпинделю торцом, она имеет гнезда для закрепления инструментов и поворачивается вокруг горизонтальной оси. Каретка, на которой установлена револьверная головка, совершает продольную подачу, а поперечная подача (по дуге окружности) осуществляется поворотом револьверной головки.

346 РЕВОЛЬВЕРНЫЙ СТАНОК С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ РЕВОЛЬВЕРНОЙ ГОЛОВКИ

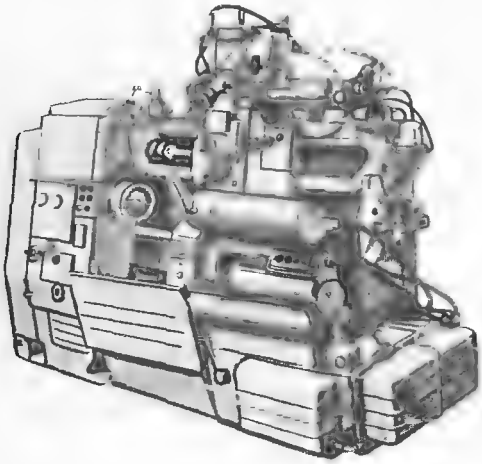


347 СХЕМА НАЛАДКИ РЕВОЛЬВЕРНОГО СТАНКА С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ РЕВОЛЬВЕРНОЙ ГОЛОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВТУЛКИ:

а – наладка револьверной головки; б – подрезание уступа; в – растачивание выточки; резцы: 1, 3, 6 – проходные, 2, 7 – расточные, 4 – зенкер, 5 – развертка



348 ГИДРОКОПИРОВАЛЬНЫЙ ПОЛУАВТОМАТ 1722



§ 117. Токарные полуавтоматы

Полуавтоматом называют станок, который автоматически, без участия рабочего, выполняет весь цикл движений инструментов: подвод к заготовке, врезание, рабочую подачу на заданную длину, отвод инструментов и остановку станка. Рабочий (оператор) только устанавливает заготовки и снимает изготовленные детали.

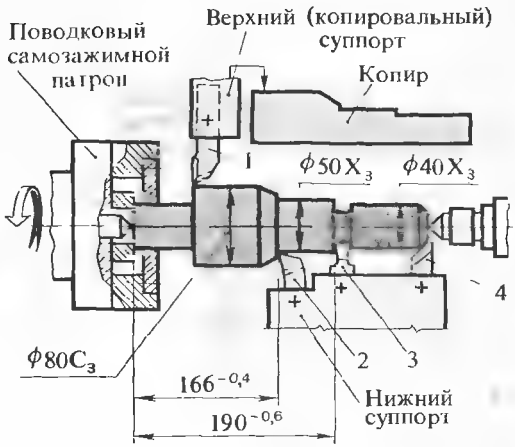
Гидрокопировальный полуавтомат 1722 имеет два суппорта: верхний с гидравлическим копировальным устройством и нижний – поперечный (рис. 348).

На рис. 349 показана схема наладки полуавтомата 1722 для обработки ступенчатого валика. Резец, закрепленный в верхнем суппорте, обтачивает наружные поверхности ступеней вала (вершина резца повторяет контур копира, с которым соприкасается щуп гидравлического следящего устройства). Нижний суппорт совершает поперечную подачу, и закрепленные в нем резцы протачивают канавки, подрезают уступы, обрабатывают галтели и снимают фаски.

Гидравлическая система станка обеспечивает движения продольной и поперечной подач, а также поджим задней бабки. Вертикальное расположение суппортов создает удобства для

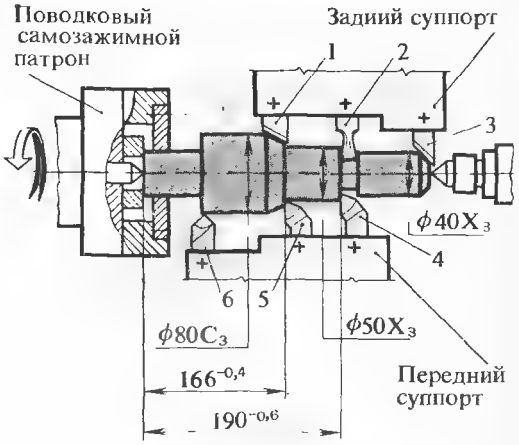
349 СХЕМА НАЛАДКИ МНОГОРЕЗЦОВОГО ПОЛУАВТОМАТА 1722 ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА:

резцы: 1 – проходной, 2 – торцовый, 3 – канавочный, 4 – фасочный



350 СХЕМА НАЛАДКИ ГИДРОКОПИРОВАЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА 1А730 ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА:

резцы: 1, 3 – фасочные, 2 – прорезной, 4, 5 – проходные упорные, 6 – проходной



наблюдения за зоной резания и облегчает сход стружки непосредственно в корыто (под действием собственной массы).

У станка 1А730 передний суппорт, несущий несколько резцов, совершает продольную подачу. Каждый резец, заранее выставленный по эталонной детали, обтачивает только одну ступень, а путь прохода суппорта равен длине наиболее длинного участка детали. Задний суппорт совершает только поперечную подачу, а закрепленные в нем резцы подрезают торцы, протачивают канавки и т. д.

На рис. 350 показана схема наладки многорезцового полуавтомата 1А730 для обработки ступенчатого валика.

§ 118. Токарные автоматы

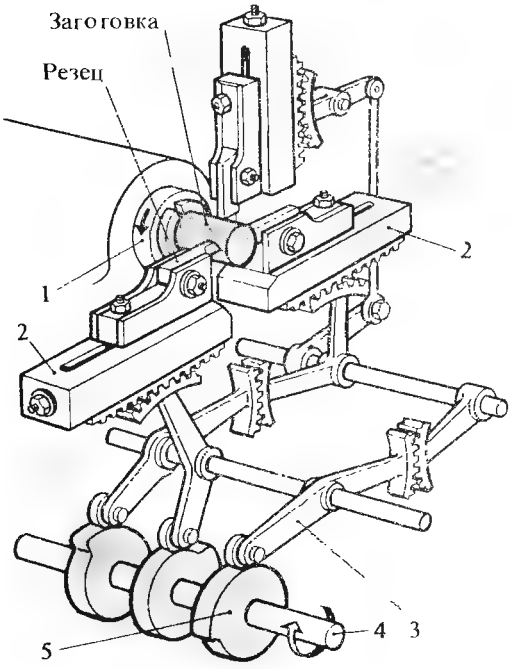
В отличие от полуавтоматов станки-автоматы осуществляют автоматически не только весь цикл движения инструмента, но также и закрепление и раскрепление заготовки. Автоматы бывают прутковые (заготовки - прутковый материал) и патронные (заготовки — отливки или поковки).

Для изготовления мелких деталей из пруткового материала в массовом производстве применяют одношпиндельные прутковые револьверные автоматы. Эти автоматы имеют несколько суппортов: продольный, несущий револьверную инструментальную головку, и поперечные. Движение подачи суппортов осуществляется под действием профильных дисковых кулачков через систему рычагов.

На рис. 351 изображен механизм подачи трех поперечных суппортов автомата 1А136. Станок

351 МЕХАНИЗМ ПОДАЧИ ПОПЕРЕЧНЫХ СУППОРТОВ АВТОМАТА 1А136.

1 — шпиндель, 2 — суппорт, 3 — рычаг с зубчатым сектором, 4 — кулачковый вал, 5 — кулачок



налаживают так, что за полный оборот вала *4* с кулачками *5* происходит полная обработка заготовки.

Более высокую производительность обеспечивают многошпиндельные токарные автоматы.

Контрольные вопросы

1. **Какие особенности имеют лобовые и карусельные станки?**
2. **Расскажите об устройстве и работе револьверных станков.**
3. **Чем отличается гидрокопировальный полуавтомат 1722 от полуавтомата 1А730?**
4. **Как осуществляется движение подачи на токарном автомате?**

Сведения о механизации и автоматизации производства

Часть шестая

Глава XXII Механизация производства

§ 119. Комплексная механизация и автоматизация — главное направление технического прогресса в СССР

Механизацией называется способ выполнения технологического процесса машинами и механизмами. Механизация может быть частичной, когда механизируется только одна часть движений (зажим заготовки при помощи пневматического патрона, ускоренный подвод суппорта и др.), или комплексной, когда механизируются все движения. При комплексной механизации рабочий (оператор) только управляет станком или агрегатом, не прикладывая физических усилий для зажима заготовок и снятия деталей, подвода и отвода инструмента, осуществления подач.

Автоматизация производства предусматривает замену ручного управления технологическими процессами автоматическим управлением, выполняемым без участия оператора, но под его контролем. Автоматизация производства также может быть частичной и комплексной: при частичной автоматизации только отдельные части технологического процесса выполняются на автоматическом оборудовании, при комплексной автоматизации производства весь технологический процесс изготовления изделия осуществляется автоматически действующими станками или агрегатами, связанными единой системой управления. Само управление также осуществляется автоматически при помощи программных устройств или электронно-вычислительных машин. Комплексная автоматизация технологических процессов приводит к созданию автоматических поточных линий, автоматизированных цехов и заводов.

Комплексная механизация и автоматизация производства имеют не только производственно-техническое, но и огромное социальное значение. В социалистическом обществе они отвечают насущным интересам трудящихся, облегчают и коренным образом изменяют характер труда, создают условия для сокращения продолжительности рабочего дня и ликвидации различий между умственным и физическим трудом.

Комплексная механизация и автоматизация — это главное направление технического прогресса в СССР. С каждым годом предприятия получают все больше автоматизированного оборудования.

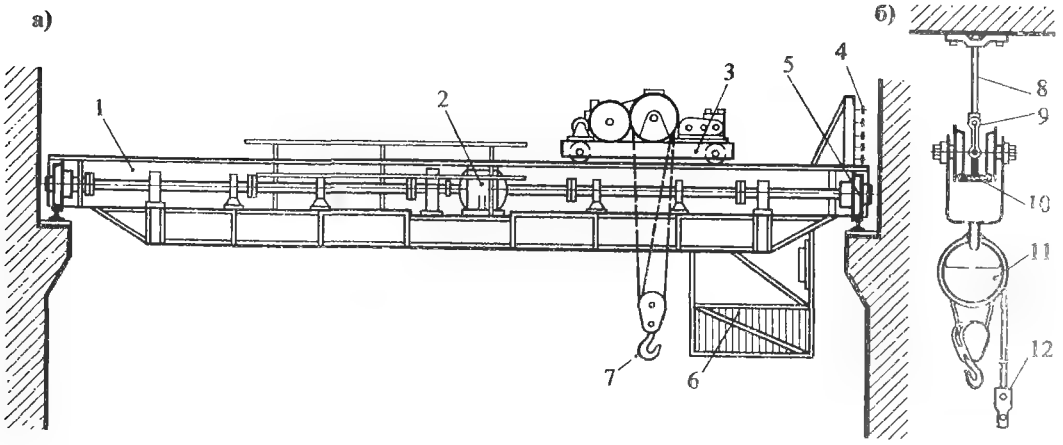
С течением времени автоматизация будет все шире и глубже охватывать как основные, так и вспомогательные процессы машиностроения, и также организацию и управление производством.

§ 120. Технические средства механизации

Внутрицеховой транспорт. К внутрицеховому транспорту относятся средства для перемещения заготовок, деталей и различных

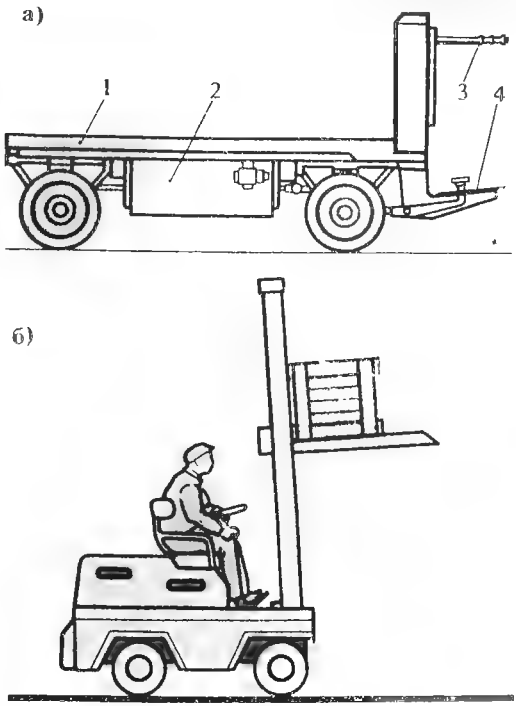
352 МОСТОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КРАН (*а*), ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТЕЛЬФЕР (*б*):

1 — ферма (мост), 2 — двигатель привода перемещения моста, 3 — грузовая тележка, 4 — трозлей, 5 — колесо моста, 6 — кабина оператора, 7 — грузовой крюк, 8 — подвеска кран-балки, 9 — крепление подвески, 10 — кран-балка, 11 — электрический привод и грузоподъемная таль тельфера, 12 — кнопочная станция



353 ЭЛЕКТРОТЕЛЕЖКА ЭК-2 (*а*), ЭЛЕКТРОТЕЛЕЖКА С ПОГРУЗЧИКОМ (*б*):

1 — грузовая платформа, 2 — аккумулятор, 3 — рукоятка управления, 4 — подъемный



материалов внутри цеха или между цехами: грузоподъемные средства (краны, тельферы), тележки, конвейеры, рольганги, склизы и др.

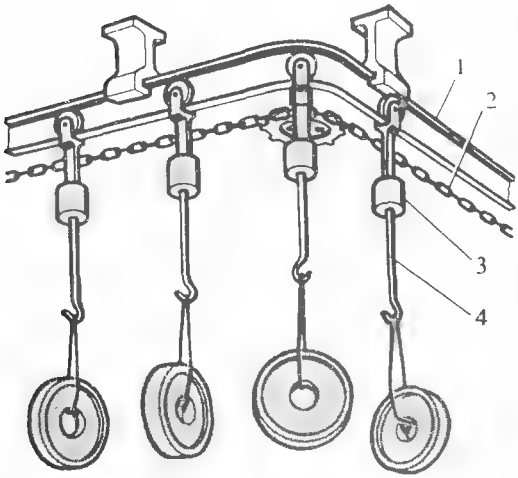
К р а н ы. В механических цехах завода используется мостовой кран (рис. 352, *а*), представляющий собой металлическую конструкцию — мост, движущийся по рельсам над пролетом цеха. По мосту перемещается каретка с подъемным устройством. К крюку грузоподъемного устройства при помощи тросов крепят тяжелые детали или приспособления для перемещения или установки их на станках. Краном управляет из кабины крановщик.

Чтобы сократить простои станков в ожидании крана, над некоторыми станками устанавливают кран-балки или монорельсы с подвижным подъемным устройством — телефером. Т е л ь ф е р ы бывают ручные (тали), с электроприводом (рис. 352, *б*) или с пневмоприводом. Тельфером управляет рабочий-станочник.

Т е л е ж к и. Для ручной транспортировки деталей используют простые трех- или четырехколесные тележки. Основным средством механизации внутрицехового и межцехового транспорта являются электротележки (рис. 353, *а*) грузоподъемностью до 500 кг. Имеются

354 ПОДВЕСНОЙ КОНВЕЙЕР:

1 — рельс; 2 — бесконечная цепь; 3 — тележка; 4 — крюк



электротележки, оборудованные погрузчиком (рис. 353, *б*); применяют и автопогрузчики.

Конвейеры. В цехах массового и крупносерийного производств для перемещения заготовок и деталей от станка к станку применяют ленточные, подвесные (цепные) и другие конвейеры (рис. 354). Крупные заготовки и детали перемещают тележечными конвейерами.

Рольганги и склизы. Рольганг представляет собой раму, на которой закреплены (в подшипниках) ролики. Рольганги устанавливают между станками. Деталь, уложенная на рольганг, перемещается по нему после легкого толчка.

Для передачи заготовок (деталей) от станка к станку широко применяют наклонные лотки — склизы, форма которых должна соответствовать форме заготовки.

Загрузочные устройства. При помощи загрузочного устройства, автоматически устанавливающего детали в рабочее положение, универсальные станки превращаются в полуавтоматы или автоматы. Применение загрузочных устройств повышает производительность труда.

Контрольные вопросы

1. Что такое механизация производства?
2. Чем отличается автоматизация от механизации?
3. Охарактеризуйте средства внутрицехового транспорта

Глава XXIII Автоматизация производства

§ 121. Элементы автоматических устройств

Особенностью современного технического прогресса является автоматизация на базе достижений электронной техники, гидравлики и пневматики. Главными направлениями автоматизации являются применение следящих (копировальных) устройств, автоматизация управления станками и контроля деталей.

Автоматическое управление станками и автоматический контроль деталей осуществляют специальные механизмы, в состав которых входят датчики, усилители и другие устройства. Датчиком называется устройство, подающее команду исполнительному звену на выполнение определенного действия. Например, пу-

тевой датчик, служащий для замыкания и размыкания электрической цепи управления при достижении движущейся частью станка (суппортом, столом) определенного положения.

Усилители. Сигналы, поступающие от датчиков, маломощны, недостаточны для приведения в действие исполнительных органов. Эти сигналы усиливаются в промежуточных элементах автоматики — усилителях.

Наиболее простыми и часто применяемыми усилителями являются электрические промежуточные реле, предназначенные для замыкания и размыкания контактов, по которым проходят токи значительно большей силы, чем токи, пропускаемые через катушку реле. По принципу действия электрические реле бывают электромагнитные, индукционные, электронные и др.

Электронные усилители основаны на применении электронных ламп. При изменении потенциала на сетке электронной лампы происходит плавное изменение анодного тока. Эта система позволяет управлять энергией, во много раз превосходящей подводимую к сетке электронной лампы. Для получения большого усиления применяют многокаскадные усилители с несколькими электронными лампами, каждая из которых усиливает ток предыдущей лампы. Применяют также усилители на полупроводниковых элементах.

Исполнительные устройства служат для выполнения определенной работы и могут осуществлять поступательное или вращательное движение. Такими исполнительными устройствами в автоматизированных системах являются электромагнитные муфты, гидравлические и пневматические цилиндры и др.

§ 122. Общие сведения о станках с программным управлением

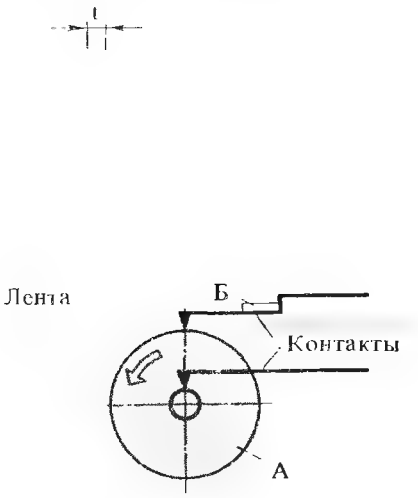
Высокопроизводительные станки-автоматы и полуавтоматы применяются главным образом в массовом производстве. Повышения производительности труда в серийном и мелкосерийном производстве достигают автоматизацией универсальных металлорежущих станков путем перехода на программное управление.

Существующие системы автоматического управления станками являются системами программного управления (ПУ), так как они работают по заранее рассчитанной программе. Эта программа может устанавливаться при помощи упоров или различных программоносителей: копиров, кулачков, шаблонов.

Токарные станки с числовым программным управлением (ЧПУ) принципиально отличаются от токарных

355 СХЕМА СЧИТЫВАНИЯ ЗАПИСИ С ПЕРФОРИРОВАННОЙ ЛЕНТЫ:

а — перфорированная лента; б — считывающее устройство



автоматов и полуавтоматов тем, что задание программы обработки на станках с ЧПУ производится в математической (числовой) форме и записывается на простых программоносителях: бумажных перфолентах или магнитных лентах.

Основное достоинство станков с ЧПУ — сокращение сроков и стоимости подготовки производства благодаря замене длительного и дорогого процесса проектирования и изготовления оснастки процессом подготовки числовой программы на основе применения быстродействующих электронных цифровых вычислительных машин.

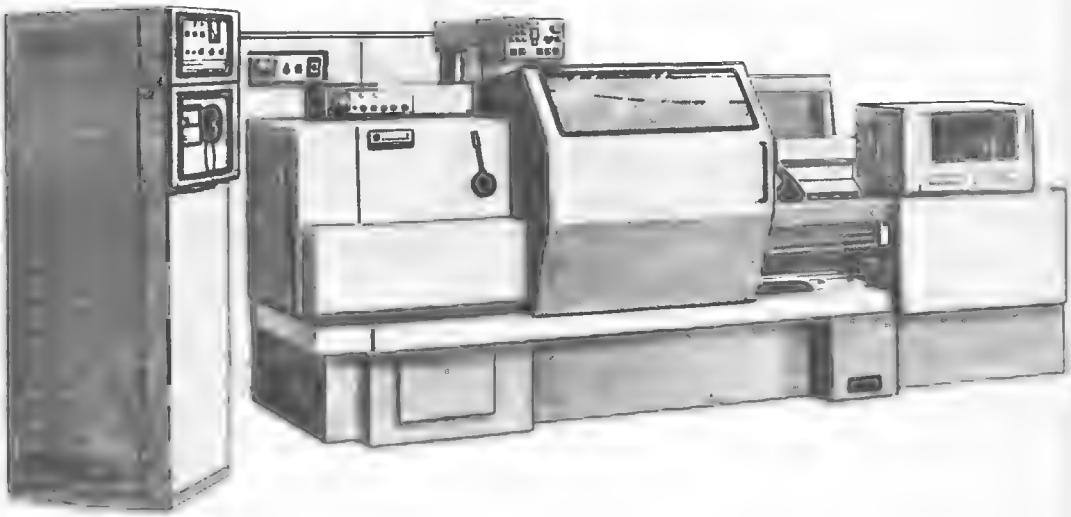
При этом ускоряется переналадка станков на обработку различных заготовок, так как смена программоносителя (ленты) значительно проще смены кулачков, упоров, шаблонов и других программоносителей обычных автоматических станков.

Для перемещения суппортов станка ходовые винты вращаются при помощи шаговых электродвигателей, которые при получении электрических сигналов-импульсов поворачивают ходовые винты на некоторый угол и перемещают суппорт на элементарный шаг в продольном или поперечном направлении. Если надо переместить суппорт в продольном направлении на 10 мм, то при цене импульса, равной перемещению на 0,01 мм (элементарный шаг), нужно подать на шаговый двигатель 1000 импульсов.

Таким образом, для подготовки программы обработки заготовки надо подсчитать, сколько импульсов надо подать на шаговый электродвигатель. Это число зависит от размеров изготовляемых деталей. Подсчет числа импульсов производится на электронных цифровых вычислительных машинах.

Задаваемое количество импульсов записывается пробивкой соответствующего количества отверстий на перфоленте или записью этого количества импульсов на магнитной ленте (по специальному коду).

356 ТОКАРНЫЙ СТАНОК 16К20ФЗС4 С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ



Во время работы станка лента протягивается через считывающее устройство (рис. 355). В этом устройстве имеется пружинный контакт, который, попадая в отверстие ленты, замыкает электрическую цепь и подает импульс тока шаговому двигателю, т. е. считывает программу с программоносителя.

Величина подачи суппорта зависит от частоты следования импульсов, т. е. от скорости протягивания ленты.

Для сокращения длины перфоленты вместо пробивки соответствующего количества отверстий записывают по специальной системе числовое выражение количества импульсов. Если для перемещения на 10 мм требуется пробить 1000 отверстий, то вместо этого пробивают один поперечный ряд отверстий, выражающий число 1000.

На станке имеется интерполирующее устройство, которое по этому числу выдает в систему соответствующее число импульсов.

Запись цифр производится в специальной двоичной или двоично-десятичной системе, в которой запись любого числа может быть представлена в виде пробитых отверстий и непробитых промежутков.

Для записи каждого перемещения на ленте отводится участок, называемый кадром. На каждом кадре записываются все команды, необходимые для выполнения данного прохода.

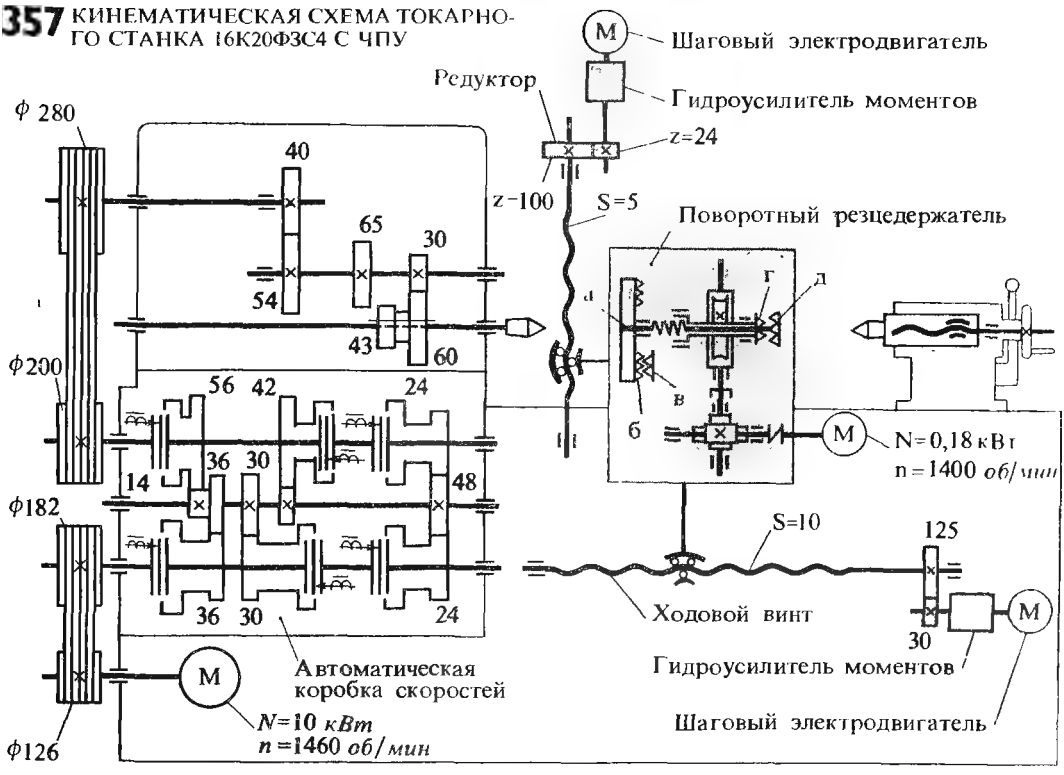
Отверстия в ленте пробиваются на перфораторе, ручном или управляемом электронной вычислительной машиной.

Считывание программы, записанной на магнитной ленте, осуществляется электромагнитной головкой (подобной звукоснимателю магнитофона), расположенной на пульте управления. Импульсы, записанные на ленте, через усилительные устройства передаются исполнительным органам станка.

Станки с ЧПУ работают в условиях полностью автоматизированного цикла при непрерывно изменяющихся условиях обработки, так как предназначены для мелкосерийного производства, поэтому при назначении числа проходов и режимов резания приходится исходить из наиболее неблагоприятных условий (максимальные припуски, твердость материала, затупление инструмента и т. п.), что приводит к занижению производительности.

Этого можно избежать при использовании так называемого адаптивного управления, когда станок сам приспособляется к случайным изменениям условий обработки по сигналам соответствующих датчиков, реагирующих на изменение крутящего момента на шпинделе, силы резания, упругих деформаций в системе СПИД (станок, приспособление, инструмент, деталь), температуры в зоне резания, резкое возрастание вибраций и т. п. Сигналы этих датчиков воздействуют на исполнительные механизмы станка с целью изменения режимов резания. Наличие таких адаптивных систем управления позволяет работать с более высокими режимами резания.

357 КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ТОКАРНОГО СТАНКА 16К20Ф3С4 С ЧПУ



В СССР разработаны системы адаптивного числового управления станками и выпускается несколько типов станков с адаптивным управлением

§ 123. Токарный патронно-центровой станок с числовым программным управлением 16К20Ф3С4

Токарный станок с числовым программным управлением 16К20Ф3С4 выпускается на базе серийного токарного станка 16К20 (рис. 356) и предназначен для токарной обработки наружных и внутренних поверхностей со ступенчатыми и криволинейными участками (включая канавки, конусы, фаски и т. д.) за один или несколько проходов. Станок оснащен контурной двухкоординатной системой программного управления «Контур 2МТ-Э1». Кинематическая схема станка 16К20Ф3С4 дана на рис. 357.

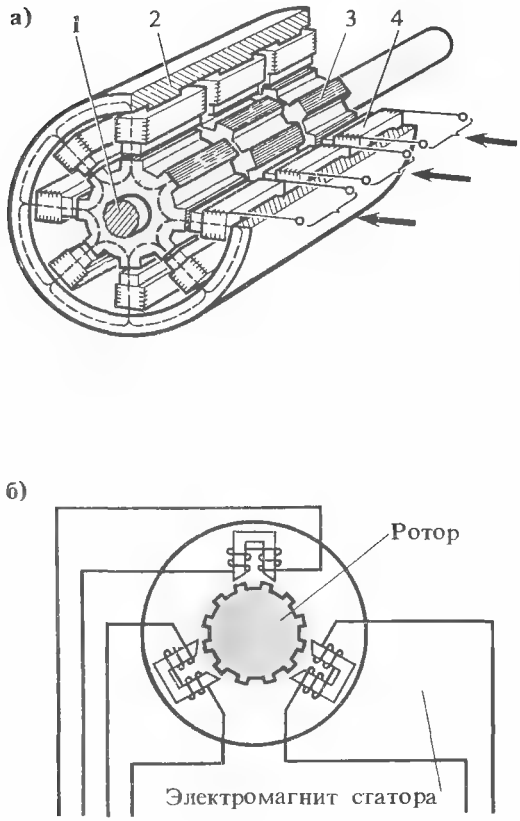
Система ЧПУ, установленная на станке, обеспечивает перемещение суппорта по двум координатам, автоматическое переключение девяти скоростей шпинделя, индексацию шестипозиционного резцедержателя с автоматическим поиском требуемой позиции, а также выполнение ряда вспомогательных команд. Программоносителем является восьмидорожечная перфолента шириной 25,4 мм.

Привод главного движения включает асинхронный электродвигатель, автоматическую девятискоростную коробку скоростей и шпиндельную бабку, соединенные клиноременными передачами. В шпиндельной бабке предусмотрено переключение вручную двух диапазонов частот вращения с соотношением 1:3, что вместе с девятискоростной коробкой скоростей обеспечивает получение 12 ступеней частот вращения шпинделя в диапазонах 35—560 и 100—1600 об/мин (по 9 ступеней в каждом диапазоне).

Привод продольного перемещения суппорта состоит из шагового электродвигателя ШД5-Д1,

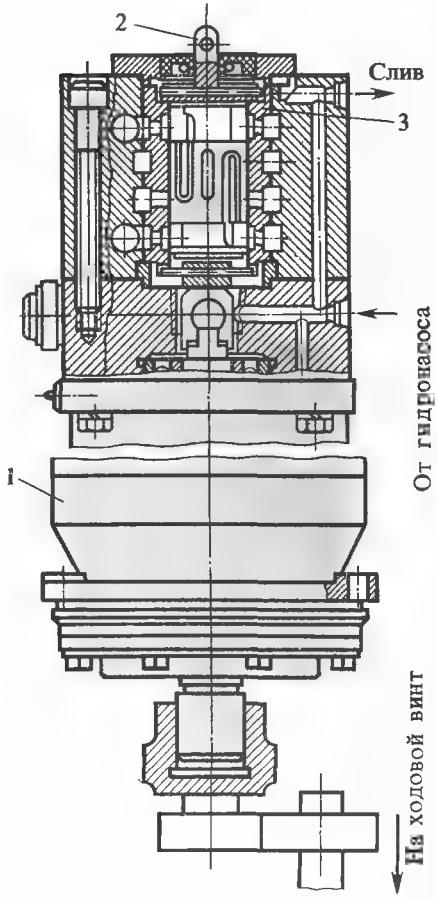
358 ШАГОВЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ:

а — разрез, б — схема, 1 — ротор, 2 — статор, 3 — зубцы, 4 — обмотка электромагнитов



359 СХЕМА ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ МОМЕНТОВ:

1 — аксиально-поршневой гидродвигатель, 2 — золотник, 3 — кран-распределитель



гидроусилителя моментов, редуктора 19:24, ходового винта (винт — гайка качения).

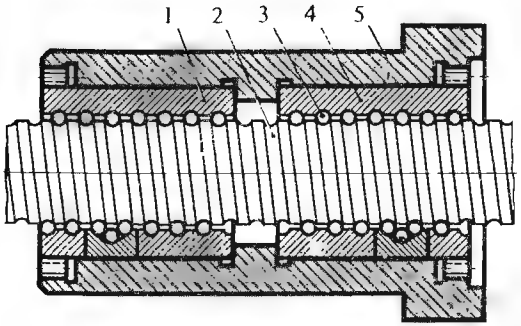
Привод поперечного перемещения суппорта монтируется позади каретки и также состоит из шагового электродвигателя, гидроусилителя моментов, редуктора 30:125, ходового винта (винт — гайка качения).

Шаговый электродвигатель (рис. 358, *а*, *б*) имеет статор *2* и ротор *1* с одинаковым количеством полюсов (зубцов), разделенных на три секции. Полюса ротора *1* смещены относительно друг друга на $^1/_3$ межполюсного расстояния. Обмотки *4* электромагнитов статора, соединенные последовательно в секции *I*, *II*, *III*, питаются независимо одна от другой. Если поочередно включать напряжение в обмотке секций *I*, *II*, *III*, чтобы под током была одна секция, то ротор совершит шаговый поворот на небольшой угол до совмещения полюсов магнитов с зубцами *3* ротора. Каждому включению обмотки (импульсу) соответствует поворот до 0,75°.

Шаговые двигатели недостаточно мощны для непосредственного вращения ходовых винтов станка, поэтому предусмотрен специальный гидроусилитель моментов (рис. 359), который управляется от шагового двигателя *1*. Кран-распределитель *3*, приводимый во вращение от шагового электродвигателя, перераспределя-

360 ШАРИКОВАЯ ВИНТОВАЯ ПАРА:

1 — левая полугайка, 2 — ходовой винт, 3 — шарик, 4 — правая полугайка, 5 — корпус



ет рабочую жидкость (масло) в золотнике *2* точно по программе действия шагового двигателя, в результате чего гидродвигатель *1* работает по программе, передавая момент на ходовой винт станка.

Для осуществления точных перемещений в винтовой передаче устраняют люфты при помощи шариковой винтовой пары (винт — гайка качения) (рис. 360), в которой точные закаленные шарики *3* катятся по полукруглому профилю резьбы винта *2*. Гайка состоит из двух полугаек *1* и *4*, люфты выбираются посредством некоторого поворота полугаек.

Поворотная резцедержавка станка шестипозиционная с горизонтальной осью вращения устанавливается на поперечном суппорте. В специальной инструментальной головке закрепляются 6 резцов-вставок или 3 инструментальных блока (рис. 361).

Инструментальная головка съемная.

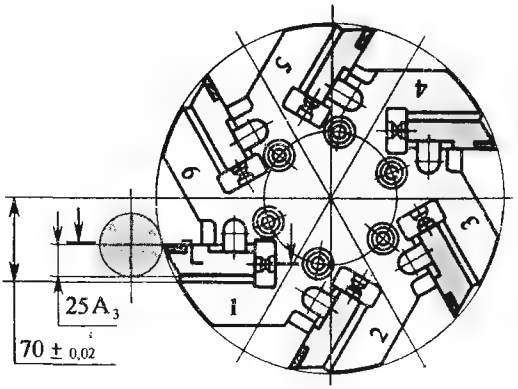
Поворот резцедержавки осуществляется от электродвигателя $N = 0{,}18$ кВт и $n = 1400$ об/мин.

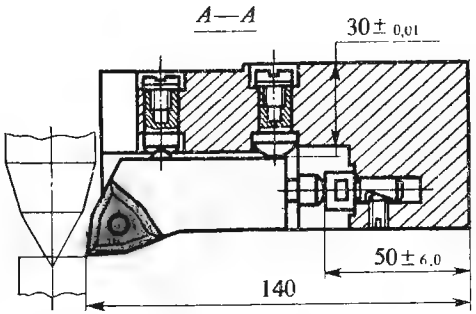
Для настройки резцовых вставок и инструментальных блоков вне станка применяются оптические приборы (с микроскопом), например БВ2010.

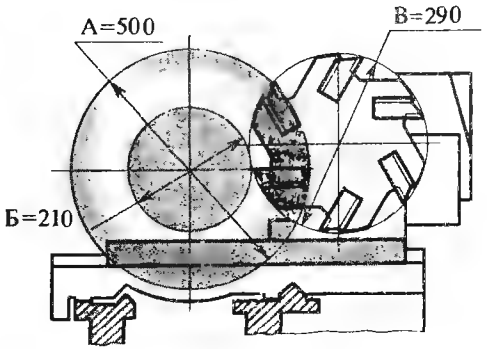
Настройка инструмента производится в такой последовательности: на плите прибора в кронштейне устанавливается эталонный инструмент и перекрестие микроскопа наводится на вершину эталонного инструмента. Затем вместо эталона устанавливается настраиваемый инструмент и поворотом регулировочных винтов вершина инструмента подводится в перекрестие микроскопа.

361 ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ГОЛОВКА ТОКАРНОГО ПАТРОННО-ЦЕНТРОВОГО СТАНКА С ЧПУ 16К20Ф3С4:

1–6 — позиции головки, А — максимальный диаметр обработки над направляющими станины, Б — максимальный диаметр обработки над поперечным суппортом, В — максимальный диаметр возможной установки резцов

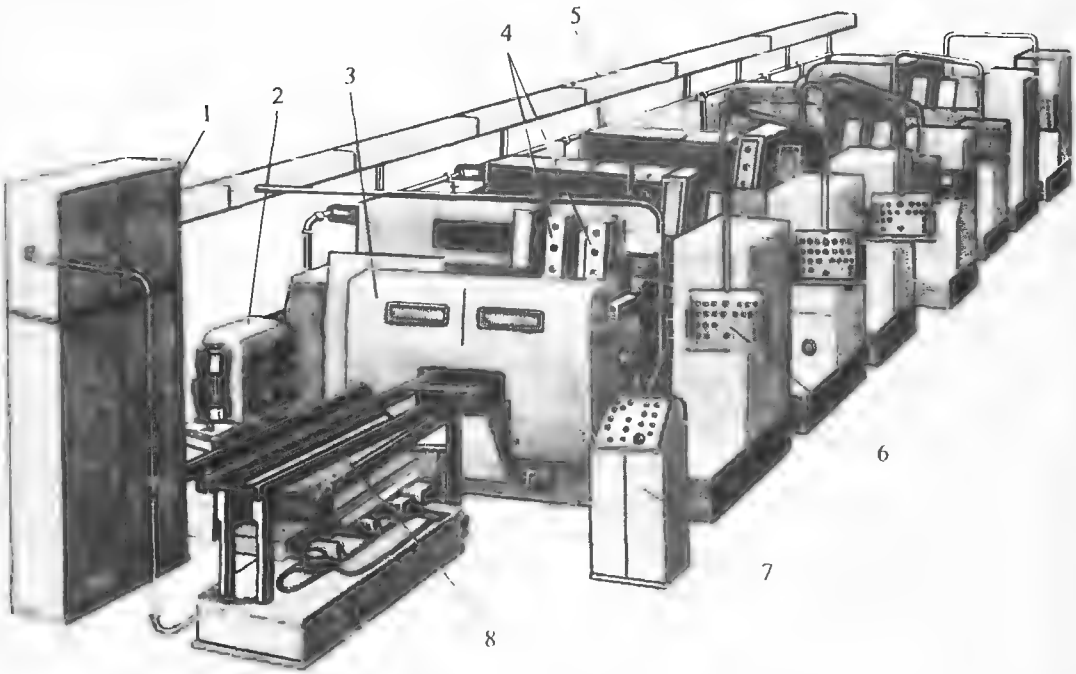






362 АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ СТАНКОВ:

1 - электрошкаф, 2 - гидростанция, 3 — гидрокопировальный станок, 4 — суппорты станка, 5 — электропроводка, 6 — подвесной пульт, 7 - центральный пульт управления, 8 - шаговый транспортер



§ 124. Автоматические линии

Автоматическая линия — это система станков, расположенных по ходу технологического процесса, для автоматического преобразования заготовки в готовую деталь. Обрабатываемые заготовки автоматически движутся от станка к станку, на каждом из которых автоматически выполняется определенная операция. Автоматическая линия обслуживается одним-двумя операторами и обеспечивает высокую производительность.

Автоматические линии могут компоноваться из универсальных агрегатных, специальных и специализированных станков.

Показанная на рис. 362 автоматическая линия обрабатывает заготовку детали «вал-шестерня» начерно и начисто. Линия состоит из семи токарных полуавтоматов 1712 и обеспечивает выпуск 250 деталей в смену.

Агрегатные станки, применяемые в автоматических линиях, представляют собой соединение различных унифицированных (типовых) узлов: станин, стоек, поворотных столов, силовых головок с гидравлическим приводом или механическим приводом и др. в одно целое.

Агрегатные станки обычно предназначаются для выполнения сверлильных и расточных операций, нарезания резьбы в отверстиях, фрезерования плоскостей, пазов и выступов. Как правило, на агрегатных станках обрабатывают заготовки корпусных деталей, заготовки при обработке остаются неподвижными. В автоматической линии агрегатные станки связываются автоматическим транспортером и обычно располагаются попарно по обе стороны от него.

Контрольные вопросы

1. **Из каких устройств состоит система автоматического управления?**
2. **В чем отличие ЧПУ от других систем программного управления?**
3. **Как устроен и работает шаговый электродвигатель?**
4. **Какие особенности кинематики и конструкции имеет токарный станок 1К62Ф3С4 с программным управлением?**

Глава XXIV Техника безопасности

§ 125. Общие правила техники безопасности на территории предприятия и в цехах

Территория предприятия должна быть ровной: ямы и другие углубления, устраиваемые для технических целей, должны быть плотно и прочно закрыты и надежно ограждены. Дороги и проходы на территории предприятия делаются, как правило, прямолинейными. Ширина дорог должна соответствовать применяемым транспортным средствам, перемещаемым грузам и интенсивности движения, учитывается также наличие встречных перевозок. Проезжая часть дорог должна иметь твердые покрытия. В местах пересечения рельсовых путей с дорогами и тротуарами устраивают переезды, переходы, охраняемые или оборудованные сигнализацией, обеспечивающей безопасность движения.

В местах особо интенсивного железнодорожного движения и на основных путях движения людей устраивают мосты-переходы над рельсовыми путями и тоннели. Для передвижения людей на территории предприятия устраивают тротуары шириной не менее 1,5 м с твердым покрытием.

С наступлением темноты или плохой видимости места движения людей, а также места работ и движения транспорта должны быть обеспечены искусственным освещением.

Движение транспорта и людей на территории предприятия регулируется дорожными знаками и сигнальными устройствами.

На территории предприятия необходимо выполнять следующие правила:

ходить только по пешеходным дорожкам, не переходить железнодорожный путь вблизи приближающегося подвижного состава;

не пролезать под вагонами, не проходить между расцепленными, близко стоящими вагонами, не цепляться за движущийся подвижной состав.

Управлять подъемно-транспортным устройством, застропливать и освобождать грузы, а также подавать сигналы к постам управления подъемно-транспортных устройств должны только обученные и проинструктированные лица, имеющие соответствующее удостоверение на право выполнения этих работ.

Подъемные устройства оснащаются приспособлениями, обеспечивающими надежное удержание заготовки, изделия или инструмента, а также удобный и безопасный подъем и установку их на станок. Подвесные транспортные приспособления (монорельсы, конвейеры и др.) не должны располагаться над рабочими местами.

Оборудование должно находиться в полной исправности. Работа на неисправном оборудовании запрещается. Оборудование (станки, механизмы, прессы и т. д.) надежно устанавливаются на прочных фундаментах или основаниях.

Рабочий, находясь на своем рабочем месте, не должен подвергаться вредному воздействию со стороны смежных рабочих мест.

Задачей правильной организации рабочего места является обеспечение удобного и безопасного

363 СПЕЦОДЕЖДА РАБОЧЕГО-СТАНОЧНИКА

выполнения работы. Необходим постоянный контроль за состоянием основного и вспомогательного оборудования, приспособлений и инструмента.

Рабочее место необходимо всегда содержать в чистоте: недопустимо наличие на полу под ногами работающего стружки, различных отходов, масляных пятен. Работать следует в спецодежде, не стесняющей движений, исключающей возможность захвата ее движущимися частями станка (рис. 363).

В приспособлениях с механическим креплением усилие, прилагаемое к рукояткам зажима, нельзя направлять в сторону инструмента.

В механических цехах для местного освещения допускается применение напряжения не свыше 36 В.

§ 126. Правила безопасности при работе на токарных станках

Перед началом работы:

привести в порядок рабочую одежду:

застегнуть или обвязать обшлага рукавов, заправить халат (комбинезон), чтобы не было развевающихся концов, убрать волосы под головной убор; *небрежно надетая одежда может привести к травме*;

убедиться в исправности станка:

осмотреть ограждение зубчатых колес, приводных ремней и гитары станка; проверить, не оборван или заземляющий провод; проверить установку светильника местного освещения (свет не должен слепить глаза); проверить станок на холостом ходу и убедиться в исправности кнопок «пуск» и «стоп», органов управления, тормоза, систем смазки и охлаждения, подъемных и загрузочных устройств;

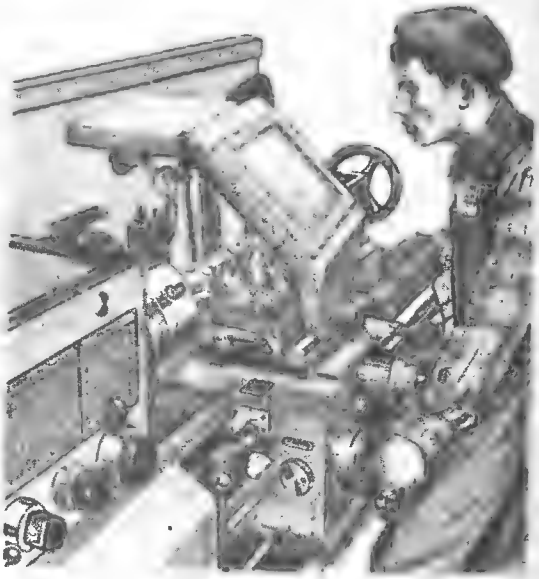
работать на неисправном станке опасно;

привести в порядок рабочее место: убрать все лишнее со станка и площади рабочего места; осмотреть и подготовить к работе приспособления, режущий и измерительный инструмент и крепежные детали; удобно установить тару для заготовок и деталей; проверить, исправна ли подножная деревянная решетка;

порядок на рабочем месте — залог безопасности работы;

о неисправностях станка и электрооборудования немедленно сообщить мастеру или дежурному слесарю (электрику) и до устранения неисправности к работе не приступать.

364 РАБОТА НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЗАЩИТНЫМ ЩИТКОМ



Во время работы станка:

при установке и съеме заготовок и деталей массой более 20 кг пользоваться подъемными устройствами, при этом надежно стропить заготовку (деталь). Освобождать от подвески заготовку (деталь) только после ее установки и надежного закрепления на станке;

прочно закреплять обрабатываемые заготовки на станке (в патроне, центрах или на оправке). Не наращивать рукоятки ключа для закрепления заготовок в патроне, не применять подкладок между зевом ключа и гранями гайки. Не оставлять ключ в патроне после закрепления или освобождения заготовки;

правильно и надежно закреплять инструмент. При установке резца применять минимальное число подкладок, перед включением станка убедиться в том, что пуск его никому не угрожает опасностью. Перед тем как остановить станок, выключить подачу и отвести инструмент от заготовки;

работать на режимах резания, указанных в справочнике или операционной карте;

обязательно отключить станок при временном прекращении работы: измерении обрабатываемой заготовки, наладке и ремонте станка,

уборке рабочего места, смазке станка и регулировке, при перерывах в подаче электроэнергии;

не снимать и не открывать ограждений и предохранительных устройств; не снимать футляров с электрооборудования, не открывать дверей электрошкафов, не прикасаться к клеммам;

не тормозить станок нажимом руки на патрон или заготовку, работать с отрегулированным тормозом;

во время работы перекрывать зону резания защитным щитком (рис. 364);

на станке, не оснащенном защитным устройством, работать в защитных очках или использовать индивидуальный защитный щиток (рис. 365, *а*, *б*), применять предохранительный щиток над патроном (рис. 366, *а*, *б*);

при скоростном точении стали пользоваться резцами с накладными стружколомателями или стружколомающими канавками, при обработке чугуна — стружкоотражателями. Не убирать стружку на ходу станка. После остановки станка удалять стружку крючком и щеткой (рис. 367);

в кулачковом патроне без поддержки центром задней бабки закреплять только короткие заготовки, более длинные поддерживать центром задней бабки;

нежесткие валы обрабатывать в люнетах;

не отрезать прутковый материал при большом вылете из шпинделя. Выступающий из нерабочей стороны шпинделя конец прутка ограждать трубчатым кожухом;

не производить никаких измерений универсальными измерительными инструментами или калибрами на ходу станка;

не раздвигать кулачки патрона до выхода их из корпуса;

не работать на станке в перчатках или рукавицах; если палец забинтован, поверх бинта надевать резиновый напальчник;

вытирать руки чистой ветошью, не использовать для этой цели обтирочный материал, которым вытирают станок, так как можно поранить руки мелкой стружкой;

следить, чтобы охлаждающая жидкость или масло не попадали на решетку и на пол в зоне рабочего места токаря. При обнаружении утечки масла из картеров станка немедленно вызвать слесаря;

не облокачиваться на станок во время работы;

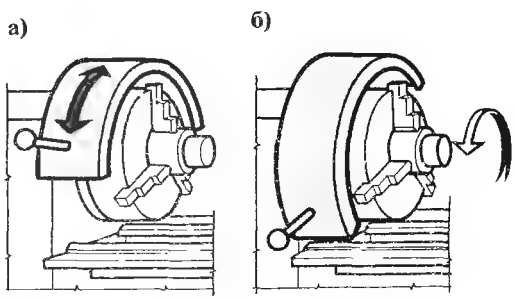
при работе с невращающимся задним центром своевременно заполнять смазкой центровые отверстия заготовок; периодически проверять,

365 ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ГЛАЗ:

а — защитные очки; *б* — защитный щиток

366 ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ ЩИТОК К ПАТРОНУ

а — положение при зажиме заготовки; *б* — положение при точении



не отходит ли задний центр. Не допускается работа с жестким центром при частоте вращения шпинделя свыше 150 об/мин; при обработке тяжелых заготовок (массой свыше 30 кг) применять самосмазывающийся центр;
если патрон крепится к шпинделю на резьбе, применять стопорное устройство, предохраняющее патрон от самоотвинчивания;
не допускать чрезмерного зажима кулачкового люнета на заготовке, периодически смазывать кулачки, своевременно заменять сработанные кулачки;
работать только исправным инструментом; при получении инструмента из кладовой проверять, нет ли забоин на конусных хвостовиках инструмента, трещин в твердосплавных пластинках, сколов или выкрошившихся участков на режущих кромках. При получении резца проверять надежность механического крепления пластинки;
если при прикосновении к станку ощущается удар тока, немедленно выключить станок и сообщить об этом мастеру или дежурному электромонтеру;
при затачивании не подводить инструмент к торцу плоского круга; не допускать большого зазора между подручником и кругом;
не прижимать инструмент с большим усилием к кругу; пользоваться защитным щитком или очками.

После окончания работы:
выключить электродвигатель станка;
привести в порядок рабочее место, очистить и смазать станок;
аккуратно сложить на рабочем месте заготовки и детали.

367 УДАЛЕНИЕ СТРУЖКИ СО СТАНКА КРЮЧКОМ И ЩЕТКОЙ

Контрольные вопросы

1. **Какие правила безопасности должны соблюдаться на территории предприятия и в механических цехах?**
2. **Перечислите основные правила техники безопасности при работе на токарном станке.**
3. **Какие правила техники безопасности следует соблюдать при затачивании инструмента?**

Приложения

Приложение I

Международная система единиц — СИ

Международная система единиц			Некоторые единицы других систем и внесистемные		
Величина	Наименование единицы	Сокращенное обозначение единицы	Наименование единицы	Сокращенное обозначение единицы	Соотношение с единицей СИ
Основные единицы					
Дополнительные единицы					
Длина L	метр	м	сантиметр	см	0,01 м
Масса M	килограмм	кг	грамм	г	0,001 кг
			килограмм - сила-секунда в квадрате на метр	кгс · с²/м	9,80665 кг
Время T	секунда	с	минута	мин	60 с
Плоский угол	радиан	рад	градус	°	0,01745329 рад
Телесный угол	стерадиан	ср	—	—	—
Некоторые производные единицы					
Плотность, объемная масса	килограмм на кубический метр	кг/м³	грамм на кубический сантиметр	г/см³	10^3кг/м³
Механическая сила	ньютон	Н	килограмм-сила	кгс, кг	9,80665 Н
Давление, механическое напряжение	паскаль	Па	килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см²	9,80665 · 10^4 Па
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	Дж	килограмм-сила-метр	кгс · м	9,80665 Дж
Мощность, поток энергии	ватт	Вт	килограмм-сила-метр в секунду	кгс · м/с	9,80665 Вт

Условные обозначения для кинематических схем

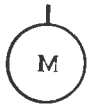
Вал, валик, ось, стержень	
Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа): а) радиальный	
б) радиально-упорные:	
односторонний	
двусторонний	
в) упорные:	
односторонние	
двусторонние	
Подшипники качения: а) радиальный (общее обозначение)	
б) радиальный роликовый	
в) радиально-упорные (общее обозначение):	
односторонний	
двусторонний	
Соединение детали с валом: а) свободное при вращении	
б) подвижное без вращения	
в) при помощи вытяжной шпонки	
г) глухое	
Соединение двух валов: а) глухое	

б) глухое с предохранением от перегрузки	
в) эластичное	
г) зубчатой муфтой	
д) предохранительной муфтой	
Муфты сцепления кулачковые:	
а) односторонняя	
б) двусторонняя	
Муфты сцепления фрикционные:	
а) общее обозначение (без уточнения типа)	
б) то же, при необходимости указания крепления на валу	
в) односторонние (общее обозначение)	
г) двусторонние (общее обозначение)	
д) дисковые двусторонние	
е) двусторонние электромагнитные (общее обозначение)	

Передача клиновидным ремнем	
Передачи зубчатые (цилиндрические):	
а) внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев)	
б) то же, с прямыми, косыми и шевронными зубьями	
Передачи зубчатые с пересекающимися валами (конические):	
общее обозначение без уточнения типа зубьев	

Передачи червячные с цилиндрическим червяком	
Передачи зубчатые реечные:	
общее обозначение без уточнения типа зубьев	
Винт, передающий движение	
Гайка на винте, передающем движение:	
а) неразъемная	
б) разъемная	
Пружина цилиндрическая сжатия	
Маховичок	

Продолжение

Электродвигатели и гидравлические устройства:	
электродвигатель	
насос ручной	
насос шестеренный	
Фильтр для жидкости или воздуха	
Маслораспылитель	

Частоты вращения шпинделя, подачи и шаги нарезаемых резьб токарно-винторезного станка 16К20

				А				В			
			об/мин:	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1			12,5—1600	0,05	0,06	0,075	0,09	0,1	0,125	0,15	0,175
			200—630	0,1	0,125	0,15	0,175	0,2	0,25	0,3	0,35
1/2			50—160	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4
			12,5—40	1,6	2	2,4	2,8				
мм	мм π		12,5—1600	0,5		0,75		1	1,25	1,5	1,75
			200—630	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5
			50—160	4	5	6	7	8	10	12	14
			12,5—40	16	20	24	28	32	40	48	56
1″	1″ π		12,5—1600	32	40	48	56	16	20	24	28
			200—630	16	20	24	28	8	10	12	14
			50—160	4	5	6	7	2	2,5	3	3,5
			12,5—40	1	1,25	1,5	1,75	0,5		0,75	

C				D				Частота вращения, об/мин				
I	II	III	IV	I	II	III	IV		1:32	1:8	1:2	1,25 : 1
0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	1	12,5	50	200	500
0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4	2	16	63	250	630
1,6	2	2,4	2,8					3	20	80	315	800
								4	25	100	400	1000
2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	5	31,5	125	500	1250
4	5	6	7	8	10	12	14	6	40	160	630	1600
16	20	24	28	32	40	48	56					
64	80	96	112									
8	10	12	14	4	5	6	7					
4	5	6	7	2	2,5	3	3,5					
1	1,25	1,5	1,75	0,5		0,75						

Приложение 4

Коэффициенты C_v и C_p для определения скорости резаиия и силы резания (обработка стали)

Обрабатываемый материал	Материал режущего инструмента	Коэффициент	Главный угол в плане φ			
			30°	45°	60°	90°
Стали углеродистые и легированные $\sigma_в$= 65 кГ/мм² (650 МПа)	Р6М5	C_v	86	68	59	45
		C_p	194	180	176	164
	Т15К6	C_v	296	262	241	212
		C_p	308	285	268	253

Поправочные коэффициенты на конкретные условия обработки стали для определения скорости резания и силы резания

I. В зависимости от обрабатываемого материала

Резцы из быстрорежущей стали				
Металлы	Механические свойства		Коэффициент	
	Число твердости по Бринеллю НВ	Предел прочности при растяжении, $\sigma_в$ МПа	K_{m_v}	$K_{m_{p_z}}$
Стали углеродистые конструкционные (С ≤ 0,6%) 0,8; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60 Ст0; Ст1; Ст2; Ст3; Ст4; Ст5; Ст6	77—107	300—400	1,39	0,78
	107—138	400—500	1,70	0,86
	138—169	500—600	1,31	0,92
	169—200	600—700	1,0	1,0
	200—230	700—800	0,77	1,13
	230—262	800—900	0,63	1,23
Резцы. оснащенные пластинками из твердого сплава Т5К10, Т15К6 и Т30К4 и минералокерамические ЦМ 332				
Стали углеродистые и легированные (хромистые и хромоникелевые) и стальное литье	≤ 137	400—500	1,44	0,83
	143—174	500—600	1,18	0,92
	174—207	600—700	1,0	1,0
	207—229	700—800	0,87	1,07
	229—267	800—900	0,77	1,14
	267—302	900—1000	0,69	1,20
	302—320	1000—1100	0,62	1,26
	320—350	1100—1200	0,57	1,32

Примечание: 1 кГ/мм² = 9,81 МПа (или 9,81 МН/м²).

II. В зависимости от сечения резца (для резцов из быстрорежущей стали)

Обрабатываемый материал	Сечение резца, мм									
	6×6	10×10 ϕ 10 ϕ 12	12×12 10×16	16×16 12×20 ϕ 16	20×20 16×25 ϕ 20 ϕ 25	20×30 25×25 ϕ 30	30×30 25×40 ϕ 40	30×45 40×40	40×60	60×90
	Значение коэффициента K_{q_v}									
Сталь	0,80	0.87	0,90	0,93	0.97	1,0	1.04	1,08	1,12	1.19

III. В зависимости от переднего угла резца

Материал резца	Обрабатываемый материал		Передний угол γ, град							
			+30	+25	+20	+12	+10	+8	0	−10
			Коэффициент $K_{\gamma p_z}$							
Быстрорежущая сталь	Сталь $\sigma_в$, МПа	<500	0,94	1,0	1,06	—	—	—	—	—
		500—800	—	0,94	1,0	1,10	—	—	—	—
		800—1000	—	—	0,91	1,0	1,03	1,06	—	—
		1000—1200	—	—	—	0,94	0,97	1,0	—	—
Твердые сплавы	Сталь $\sigma_в$, МПа	≤800	—	—	0,94	1,0	1,04	1,07	1,15	1,25
		>800	—	—	0,9	0,96	1,0	1,03	1,10	1,20

IV. В зависимости от смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ)

СОЖ	$K_{сож}$	$K_{сож p_z}$
Минеральное масло	1.05	0,95
Сульфофрезол	1,1	0,9
Распыленная эмульсия	1,15	0,95

Технические характеристики некоторых токарно-винторезных станков, выпускаемых в СССР*

Основные параметры	Станки					
	1Е604	1И611П	1А616	1А625	1А64	1А665
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:						
над станиной	200	250	320	500	800	1000
над суппортом	110	125	180	290	450	650
Расстояние между центрами (РМЦ), мм:						
наименьшее	350	—	500	1000	2800	5000
наибольшее	—	500	1000	2000	—	—
Частота вращения шпинделя, об/мин:						
наименьшая	44	20	11,2	11,5	7,5	5
наибольшая	3000	2000	2240	2000	750	500
Продольные подачи, мм/об:						
наименьшая	14**	0,02	0,08	4,07	0,02	0,02
наибольшая	190	0,71	2,6	4,00	3,05	3,05
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1	3	4,5	10	20	28
Габаритные размеры станка, мм:						
длина	1310	1790	2140	2820	5825	8050
высота	1280	1300	1320	1280	1660	1760
ширина	690	670	1225	1202	2000	2000
Масса, кг	565	1120	1500	2750	11700	14800

* Технические характеристики станков 1К62 и 16К20 приведены в гл. IX и X.
** Независимый привод подачи. Подача указана в мм/мин.

Литература

Берлер И. И. Токарное дело. Минск, «Высшая школа», 1973.
Блюмберг М. В. Справочник токаря. Лениздат, 1968.
Берков В. И. Технические измерения. М., «Высшая школа», 1969.
Вульф А. М. Резание металлов. М., «Машиностроение», 1973.
Зайцев Б. Г., Завгородиев П. И., Шевченко А. С. Справочник молодого токаря. М., «Высшая школа», 1972.
Отлоблин А. Н. Основы токарного дела. М., «Машиностроение», 1974.
Семинский В. К. Повышение производительности труда при работе на токарных станках. М., «Машиностроение», 1973.
Слепинин В. А. Руководство по обучению токарей по металлу. М., «Высшая школа», 1974.

Оглавление

От авторов 3
Введение 4

Часть первая

Основы токарного дела 5

ГЛАВА I

Основные сведения о токарной обработке 5

§ 1. Назначение и сущность токарной обработки 5
§ 2. Основные части и узлы токарного станка 6
§ 3. Понятие о процессе образования стружки 6
§ 4. Части, элементы и углы резца 8
§ 5. Классификация токарных резцов 9
§ 6. Материалы резцов 11
§ 7. Износ и заточка резцов 12
§ 8. Понятие о режиме резания при точении 13
§ 9. Организация и обслуживание рабочего места токаря 14

ГЛАВА II

Обработка наружных цилиндрических поверхностей 16

§ 10. Требования к деталям с наружными цилиндрическими поверхностями 16
§ 11. Установка и закрепление заготовок в патронах 17
§ 12. Установка и закрепление заготовок в центрах 20
§ 13. Поводковые устройства 21
§ 14. Резцы для обработки наружных цилиндрических поверхностей и установка их в резцедержателе 24
§ 15. Обработка гладких наружных цилиндрических поверхностей (обтачивание) 26
§ 16. Выбор режимов резания для обтачивания 27
§ 17. Обработка ступенчатых валов 28
§ 18. Обработка плоских торцовых поверхностей и уступов 32
§ 19. Контроль наружных цилиндрических поверхностей 34
§ 20. Протачивание наружных канавок и отрезание 34

ГЛАВА III

Технологический процесс токарной обработки 39

§ 21. Элементы технологического процесса 39
§ 22. Заготовки деталей и припуски на обработку 40
§ 23. Технологические базы 41
§ 24. Технологические документы 43
§ 25. Правила построения технологического процесса 43

ГЛАВА IV

Обработка цилиндрических отверстий 46

§ 26. Общие сведения о деталях с отверстиями 46
§ 27. Сверла 46
§ 28. Заточка сверл 48
§ 29. Сверление отверстий на токарном станке 48
§ 30. Особенности сверления глубоких отверстий 51

§ 31. Контроль отверстий 52
§ 32. Зенкерование отверстий 53
§ 33. Растачивание цилиндрических отверстий 54
§ 34. Развертывание 59
§ 35. Центрование на токарном станке 62
§ 36. Технологические особенности изготовления деталей типа втулок 64

ГЛАВА V
Нарезание резьбы плашками и метчиками 68
§ 37. Общие сведения о резьбах 68
§ 38. Нарезание наружной резьбы 70
§ 39. Нарезание внутренней резьбы 72
§ 40. Накатывание резьбы 75
§ 41. Измерение и контроль резьбы 77

ГЛАВА VI
Обработка конических поверхностей 78
§ 42. Общие сведения о конических поверхностях 78
§ 43. Способы обработки наружных конических поверхностей 78
§ 44. Обработка конических поверхностей при помощи колировальной (конусной) линейки 81
§ 45. Обработка внутренних конических поверхностей 82
§ 46. Контроль конических поверхностей 83

Часть вторая
Токарные станки 85

ГЛАВА VII
Типовые механизмы станков 85
§ 47. Передачи 85
§ 48. Элементы коробок скоростей и коробок подач 88

ГЛАВА VIII
Общий обзор токарных станков 91
§ 49. Развитие станкостроения в СССР 91
§ 50. Классификация и марки токарных станков 92

ГЛАВА IX
Токарно-винторезный станок 1К62 93
§ 51. Общая характеристика 93
§ 52. Механизм главного движения 95
§ 53. Механизм подач 99
§ 54. Основные узлы 102

ГЛАВА X
Токарно-винторезный станок 16К20 108
§ 55. Общая характеристика 108
§ 56. Механизмы станка 109
§ 57. Особенности конструкции отдельных узлов 113

ГЛАВА XI
Основы рациональной эксплуатации токарных станков 119
§ 58. Проверка станка на точность 119
§ 59. Модернизация станков 120
§ 60. «Руководство по эксплуатации» и паспорт станка 120
§ 61. Смазка станка 121
§ 62. Основные правила ухода за токарным станком 123

Часть третья
Токарные работы повышенной сложности 124

ГЛАВА XII
Обработка фасонных поверхностей 124
§ 63. Обработка фасонных поверхностей способом сочетания двух подач 124
§ 64. Обработка фасонных поверхностей по колиру 124
§ 65. Обработка фасонных поверхностей фасонными резцами 125
§ 66. Обработка сферических (шаровых) поверхностей 128
§ 67. Обработка фасонных и ступенчатых поверхностей при помощи гидрокопировального суппорта 129

ГЛАВА XIII
Отделка поверхностей 132
§ 68. Доводка (притирка) 132
§ 69. Полирование 132
§ 70. Поверхностное пластическое деформирование 133
§ 71. Накатывание рифлений 135

ГЛАВА XIV
Нарезание резьбы резцами 137
§ 72. Резьбовые резцы 137
§ 73. Настройка токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом 139
§ 74. Нарезание треугольной резьбы резцами 141

§ 75. Нарезание резьбы для передачи движения 143
§ 76. Нарезание многозаходной резьбы 145
§ 77. Скоростное нарезание резьбы 146

ГЛАВА XV

Обработка деталей со сложной установкой 149

§ 78. Обработка заготовок деталей со сложными поверхностями 149
§ 79. Обработка заготовок в четырехкулачковом патроне 151
§ 80. Обработка заготовок на планшайбе и на угольнике 153
§ 81. Обработка нежестких валов 155
§ 82. Обработка заготовок эксцентриковых деталей 157

Часть четвертая

Основы теории резания металлов 160

ГЛАВА XVI

Физические основы процессо резания металлов 160

§ 83. Развитие науки о резании металлов 160
§ 84. Процесс образования стружки 160
§ 85. Теплообразование при резании металлов 161
§ 86. Физические явления, сопровождающие процесс резания 162
§ 87. Вибрации при резании 163

ГЛАВА XVII

Токарные резцы 164

§ 88 Геометрия резца 164
§ 89 Инструментальные материалы 167
§ 90. Изготовление и заточка резцов 169
§ 91. Резцы с механическим креплением многокромочных пластинок твердого сплава 172
§ 92 Резцы со сменными рабочими головками 175
§ 93 Резцы со стружколомателями 175

ГЛАВА XVIII

Основные законы резания металлов при точении 177

§ 94 Износ и стойкость резцов 177
§ 95. Выбор скорости резания 178
§ 96. Смазочно-охлаждающие жидкости 180
§ 97. Тонкое (алмазное) точение 181
§ 98. Силы, действующие на резец 182
§ 99. Мощность резания и крутящий момент на шпинделе 185
§ 100. Выбор рациональных режимов резания 186

Часть пятая

Токарная обработка заготовок типовых деталей 187

ГЛАВА XIX

Технологические процессы токарной обработки заготовок некоторых типовых деталей 187

§ 101. Классификация деталей, заготовки которых обрабатываются на токарных станках 187
§ 102. Обработка заготовок деталей типа стаканов 187
§ 103. Обработка заготовок деталей типа тонкостенных втулок (гильз) 190
§ 104. Обработка заготовок деталей типа дисков 191
§ 105. Обработка заготовок деталей типа колец 192
§ 106. Типовые технологические процессы 194

ГЛАВА XX

Пути повышения производительности труда при токарной обработке 195

§ 107. Понятие о производительности труда 195
§ 108. Силовое и ротационное точение 196
§ 109. Применение многокромочных резцов 197
§ 110. Применение пневматических и гидравлических зажимных устройств 198
§ 111. Применение многорезцовых наладок 199
§ 112. Применение заднего (дополнительного) резцедержателя 201
§ 113. Ускоренная замена инструмента 202
§ 114 Применение барабанного упора 203

ГЛАВА XXI

Станки токарной группы 205

§ 115. Лобовые и карусельные станки 205
§ 116. Револьверные станки 207
§ 117. Токарные полуавтоматы 208
§ 118 Токарные автоматы 209

Часть шестая

Сведения о механизации и автоматизации производства. Техника безопасности 210

ГЛАВА XXII

Механизация производства 210

§ 119. Комплексная механизация и автоматизация — главное направление технического прогресса в СССР 210

§ 120. Технические средства механизации 210

ГЛАВА XXIII

Автоматизация производства 212

§ 121. Элементы автоматических устройств 212

§ 122. Общие сведения о станках с программным управлением 213

§ 123. Токарный патронно-центровой станок с числовым программным управлением 16К20ФЗС4 215

§ 124. Автоматические линии 218

ГЛАВА XXIV

Техника безопасности 219

§ 125. Общие правила техники безопасности на территории предприятия и в цехах 219

§ 126. Правила безопасности при работе на токарных станках 220

Приложения 223

Литература 235

Поправки

На рис. 69 (переход 4) фаски не должно быть; на рис. 121 вместо слова «Установка» следует читать «Установ».

Денежный Петр Моисеевич,
Стискин Григорий Моисеевич,
Тхор Иван Ефимович

ТОКАРНОЕ ДЕЛО

Научный редактор Б. А. Сак-Шак
Редактор А. М. Мокрецов
Макет, разработка и
выполнение рисунков И. Н. Веселова-Новицкого
Художественный редактор С. Г. Абелин
Технический редактор С. П. Передерий
Корректор М. М. Малиновская

Т-16145. Сдано в набор 12/I 1976 г. Подп. к печати 31/VIII 1976 г. Формат 70×90 1/16. Бум. офсетн. № 2 «Кама». Объем 15 печ. л. Усл. п. л. 17,55. Уч.-изд. л. 20,19. Изд. № М-13. Тир. 215 000 экз. Цена 68 коп. Зак. 143

План выпуска литературы издательства «Высшая школа» (профтехобразование) на 1975 г. Позиция 87.
Москва, К-51, Неглинная ул. 29/14, издательство «Высшая школа».

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.